



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Mihkel Tarve

**ARUKASE KASVUANALÜÜS JÄRVSELJA ÕPPE- JA
KATSEMETSKONNA KULTUURIDE NÄITEL**

**GROWTH ANALYSIS OF SILVER BIRCH ON THE EXAMPLE
OF FOREST PLANTATIONS AT THE JÄRVSELJA TRAINING
AND EXPERIMENTAL FORESTRY DISTRICT**

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendajad: lektor Andres Jäärats, *PhD*
teadur Reimo Lutter, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Mihkel Tarve		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Arukase kasvuanalüüs Järvelja õppe- ja katsemetskonna kultuuride näitel			
Lehekülgi: 58	Jooniseid: 11	Tabeleid: 4	Lisasid: 14
Õppetool:		Metsakasvatuse ja metsaökoloogia	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		B430 Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia	
Juhendajad:		Andres Jäärats, Reimo Lutter	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu, 2019	
<p>Bakalaureusetöö sisaldab ülevaadet arukase iseloomustusest, istutusmaterjalist, majanduslikust tähtsusest, kasvuks sobivatest kasvukohatüüpidest, kultiveerimisest 2013.-2017. aastal ning Järvelja õppe- ja katsemetskonna kvartali 211 eraldisele 4 rajatud katseala JS211-4 mõõtmistöödest ja nende tulemustest. Käesoleva lõputöö eesmärgiks on analüüsida JS211-4 katsealal algtiheduse mõju säilivusele ja kõrguskasvule ning võrrelda kolme aasta mõõtmistulemusi teise sarnase arukase proovitükiga.</p> <p>Uuritavale katsealale 2013. aasta maikuuks rajatud 14 proovitükile, mõõtmatega 40 x 30 m, istutati 4 640 üheaastast kase seemikut. Taimed on istutatud nelja erineva algtihedusega: 1 000 tk/ha ja 2 500 tk/ha algtihedusega proovitükke on mõlemat 4 ja 500 tk/ha ning 8 000 tk/ha proovitükke on 3. Esimesed mõõtmistööd teostati 2013. aasta sügisel, siis mõõdeti ära esimese kuue prooviruudu kõrgused ja loetleti ära taimede arv kogu katsealal. Teine mõõtmine on tehtud 2014. aasta sügisel neljateistkümnel proovitükil. Kolmanda aasta mõõtmised on teostanud selle töö autor 2015. aasta sügisel.</p> <p>Mõõtmistööde tulemusest selgus, et 8 000 tk/ha algtihedus avaldab mõju taimede kõrguskasvule. Taimede säilivusele algtihedus olulist mõju ei avaldanud. Kõige suuremad keskmised kõrgused mõõdeti 2015. aastal proovitükkidel 1 ja 2, millest proovitükil 1 oli ka kõige suurem säilivusprotsent 2014. ja 2015. aastal. Kõige madalamad keskmised kõrgused mõõdeti 2015. aastal proovitükkidel 3, 6 ja 11, mis kuuluvad kõik 8 000 tk/ha algtihedusega proovitükkidele. Võrreldes JS299-10 vanema proovitükiga on uuritava katseala säilivus ja kõrguskasvud madalamad.</p> <p>Lõputöö tulemusena saab väita, et väga kõrge algtihedus arukase kultuuri rajamisel ei õigusta end nii kasvukiiruselt kui ka majanduslikult. Täpsema algtiheduse mõju kultuuridele välja selgitamiseks peaks rajama veel sarnaseid katsealasid suuremas mahus või ühtlasemate looduslike tingimustega aladele.</p>			
Märksõnad: arukask, <i>Betula pendula</i> , säilivus, kõrguskasv, arukase kultiveerimine			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Mihkel Tarve		Curriculum: Silviculture	
Title: Growth analysis of Silver Birch on the Example of Forest Plantations at the Järvelja Training and Experimental Forestry District			
Pages: 58	Figures: 11	Tables: 4	Appendixes: 14
Department:		Department of silviculture	
Field of research and (CERC S) code:		Silviculture	
Supervisors:		Andres Jäärats, Reimo Lutter	
Place and date:		Tartu, 2019	
<p>The Bachelor's thesis consists of an overview of silver birch's (<i>Betula pendula</i>) characterization, planting materials, economical importance, suitable site types for growth and overview of cultivation, measurements and their results at the experimental area JS211-4 based in the Järvelja training and experimental forestry district block 211. The aim of this thesis is to analyze the effect of initial density on tree survival and height growth at the test area JS211-4, and to compare the measurement results in three years with another similar silver birch experiments.</p> <p>In May 2013, 4 640 one-year-old silver birch seedlings were planted at the test area under research on 14 sample plots with the dimensions of 40 x 30 m. Trees were planted with four different initial densities. There are four sample plots with initial densities of 1 000 trees/ha and 2 500 trees/ha each and three sample plots with initial densities of 500 trees/ha and 8 000 trees/ha each. The first measurements were made in the fall of 2013, the heights of the first six sample plots were measured and the number of plants on the entire test area was counted. The second measurement was done in the fall of 2014 on 14 plots. The third year measurements were made by the author of this work in the fall of 2015.</p> <p>The results of the measurements showed that the survival and growth height of the plants is affected by natural growing conditions, but also by the initial density on sample plots with 2 500 trees/ha and 8 000 trees/ha. The tallest heights were measured on sample plots 1 and 2 in the year 2015 and the sample plot 1 also had the highest survival rate in the year 2014 and 2015. The lowest average heights were measured in 2015 in plots 3, 6 and 11, which are all also the plots with initial density of 8 000 trees/ha. Compared to the older plot of JS299-10, the test area's survival and height growth are lower.</p> <p>The results of this thesis allow for the claim that establishing a silver birch culture with very high initial density is not recommended when growth speed and economic value is taken into account. Similar research plots in larger scales or with a more uniform natural conditions should be established to demonstrate a more precise impact of initial density on cultures.</p>			
Keywords: silver birch, <i>Betula pendula</i> , survival, height growth, cultivation of silver birch			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. ARUKASE ISELOOMUSTUS	7
1.1. Arukase kultiveerimine Eestis aastatel 2013-2017	8
1.2. Arukase istutusmaterjali iseloomustus.....	10
1.3. Arukase majanduslik tähtsus	11
2. ARUKASE KASVUKS SOBILIKUD KASVUKOHATÜÜBID	14
2.1. Naadi kasvukohatüüp.....	14
2.2. Jänesekapsa kasvukohatüüp.....	15
2.3. Sinilille kasvukohatüüp.....	16
3. MATERJAL JA METOODIKA.....	18
4. TULEMUSED JA ARUTELU	23
4.1. Kultuuride kõrguse formeerumine.....	23
4.2. Kultuuride säilivus	28
4.3 Arukase kultuuride säilivuse ja kõrguskasvu võrdlus JS211-4 ja JS299-10 näitel....	30
KOKKUVÕTE	33
KASUTATUD KIRJANDUS	35
LISAD	37
Lisa 1. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 1.....	38
Lisa 2. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 2.....	39
Lisa 3. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 3.....	41
Lisa 4. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 4.....	43
Lisa 5. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 5.....	44
Lisa 6. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 6.....	46
Lisa 7. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 7.....	48
Lisa 8. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 8.....	49
Lisa 9. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 9.....	50
Lisa 10. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 10	51
Lisa 11. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 11	53
Lisa 12. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 12	55
Lisa 13. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 13	56
Lisa 14. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 14	57

SISSEJUHATUS

Metsa uuendamise põhiliseks sihiks on uuendusraie või looduslike tühimike (taas)metsastamine kasvukohale sobivate puuliikidega, et kiirendada metsata metsamaadel uue metsa kasvamaminekut suure kasutamisväärtusega puistute rajamiseks (Metsamajanduse... 2011). Metsakultuuride rajamine on suurima osatähtsusega majanduslikust vaatevinklist. Sotsiaalsed ja ökoloogilised funktsioonid saavad metsal täidetud ka looduslikust uuenemisest. Aktiivne metsauuendamine peab tagama kasvukohale sobilikest puuliikidest koosneva kõrgekvaliteedilise ning võimalikult suure tootlusega metsa, millel on siiski tagatud ka liigiline mitmekesisus. (*Ibid*)

Metsauuendamismeetodid jagunevad kolme gruppi: 1) metsakultiveerimine, 2) looduslikule uuenemisele jätmine ja 3) looduslikule uuenemisele kaasaaitamine (LUK) (Metsa majandamise eeskiri 2006). Looduslikule uuenemisele ja sellele kaasaaitamisele võib loota ainult siis, kui tagatakse ettenähtud tiheduse ja koosseisuga metsanoorendik viie aasta jooksul (*Ibid*). Erandiks on loo, siirdesoo, madal soo, raba, osja, tarna ja lodu kasvukohatüübid, mille puhul on metsaomanikul kohustus tagada uuenenud mets 10 aastat peale raiet või metsa hukkumist (Metsaseadus 2006). Samuti peab omanik tagama metsa uuenemise, kui metsas on vähemalt 0,5 ha suuruse pindalaga hukkunud osa. Looduslikule uuenemisele ei või jätta leesikaloo, sambliku ja kanarbiku kasvukohatüüpe, vaid peab raiesmikud ning hukkunud metsaosad uuendama männi külvi või istutusega (*Ibid*). Arukaske peetakse parimaks puuliigiks metsauuendamisel viljakates kasvukohtades, kus on esinenud tugev juurepessi kahjustus kuusel (Metsamajanduse... 2011).

Arukase uuendamisel peab raiesmikud või hukkunud metsaosad uuendama istutamisel vähemalt 1 500 taime/ha, külvi puhul vähemalt 2 500 taime/ha (Metsaseadus 2006). Kui algtiheduse standardeid ei ole täidetud, peetakse uuendustöid looduslikule uuendusele kaasaaitamiseks. Selleks, et mets loetaks uuenenuks, peab seal ühtlaselt kasvama vähemalt 1 500 1,0 m kõrgust elujõulist arukaske taime. (*Ibid*)

Viimase 50 aasta jooksul on metsamaa pindala Eestis kahekordistunud (Akadeemilise... 2001). Seega on umbes pooled Eesti metsad esimese põlvkonna puistud, mis kuuluvad peamiselt eraomanikele ja on peamiselt lehtpuu- ja lehtpuusegametsad. Viimaste aastakümnetega on lehtpuupuistute kasvatamine muutunud tähtsamaks ning hinnatumaks oma suurenenud majandusliku väärtuse, kuid ka keskkonnakaitseliste põhjuste pärast (*Ibid*). Lehtpuudest on suuremas mahus Eestis kasvamas arukask (*Betula pendula*), sookask (*Betula pubescens*), sanglepp (*Alnus glutinosa*), hall lepp (*Alnus incana*) ja harilik haab (*Populus tremula*) (Roht 2007; Aastaraamat... 2018). Eelnimetatud puuliikidest uuendatakse kasutusest välja jäänud põllumaid suuresti just arukasega (Akadeemilise... 2001).

Käesolev uurimustöö annab ülevaate arukasest, selle kultiveerimisest erinevates kasvukohatüüpides ning analüüsib Järvelja õppe- ja katsemetskonna kvartal 211 eraldisel 4 asuvat arukase katseala. Lõputöö eesmärgiks on võrrelda istutamisele järgnevatel esimesel, teisel ja kolmandal aastal (edaspidi „kasvuaasta“) kogutud mõõtmistulemusi, analüüsida kõrguskasve ja säilivust proovitükkidel ning analüüsida erineva istutustiheduse mõju kõrguskasvule ja säilivusele. Samuti võrreldakse antud katseala tulemusi teise sarnase katseala tulemustega.

1. ARUKASE ISELOOMUSTUS

Arukask on üks neljast Eestis looduslikult kasvavast kaseliigist ja üks kahest kaseliigist, mis kasvab puu kujul (Roht 2007). Arukask on ühekojaline heitlehine lehtpuu, ehk tal on ühesugulised õied (*Ibid*). Valdavalt paljunevad kased seemnetekkeliselt, kuid ka vegetatiivselt läbi kännuvõsude kuni 30. eluaastani (Tullus 2009). Arukask on Eestis kõige levinum lehtpuu, moodustades üksi umbes viiendiku Eesti metsadest ja koos sookasega umbes 29,5%, ehk 686 900 hektarit (Aastaraamat... 2018). Arukase keskmine juurdekasv Eestis on 6,5 tm hektari kohta aastas (*Ibid*).

Arukask on üsna laia areaaliga, kasvades igal pool üle Euroopa v.a. Pürenee poolsaar, Kreeka ja Island ning areaal ulatub põhja poole minnes kuni tundravööndini, ida poolt Altai Kraini (Kesk-Venemaa, piirneb Kasahstaniga) (Hynynen *et al.* 2009; Roht 2007). Eestis võib arukask kasvada kuni 35 m kõrguseks ning kasvada üle 1 m jämeduseks (Roht 2007; Laas 1987). Arukase eluiga võib ulatuda 200 aastani (Roht 2007). Tüvi on valge koorega, mustade kestendavate laikudega, tüve allosas moodustub must, sügavarõmeline paks korp (*Ibid*).

Arukase võrsed on nooremas eas punakaspruunid, kaetud heledate vahatäpikestega, mis on katsudes tuntavalt karedad (Roht 2007). Pungad ja lehed kleepuvad, peened oksad ripuvad allapoole (sellest ka nimi *Betula Pendula*, „pendulus“ on ladina k „rippuv“). Lehed on rombja või munaja kujuga, nahkjad, kahelisaagja servaga, pealt paljad ja läikivad. Lehtede puhkedes on nad algselt kaetud kleepuva vahakihi, mis kaob jaanipäeva paiku (*Ibid*). Arukase õied paiknevad urbadena, emasurvad tekivad kevadeti enne õitsemist lühivõrsetele, isasurvad tekivad augustis 2-3 kaupa võrsete tippu (Roht 2007; Laas 1987). Arukase vili on kahe kileja tiivaga pähklike, seemned kukuvad koos urva kattesoomustega urva küljest ning võivad levida tuulega mitme kilomeetri kaugusele (Roht 2007). Seemned idanevad mullas kiiresti, kuid kaotavad võime idaneda mõne aastaga (*Ibid*).

Arukase puit on omapärase kergelt kollaka värvusega ning füüselistelt omadustelt tugev ja sitke (Roht 2007). Puit on hästi poleeritav ning sellest tehakse spooni, vineeri, mööblit, tööriistade varsi ja samuti kasutatakse seda erinevatel treimistöodel. Kasepuitu kasutatakse

palju ka küttepuuna tema suure kütteväärtuse tõttu ning samuti on see levinud ka paberipuutööstuses (Roht 2007; Tullus 2009). Arukask on eluaastatel 5-25 väga kiirekasvuline, 60. eluaastast kõrguskasv pidurdub (Roht 2007).

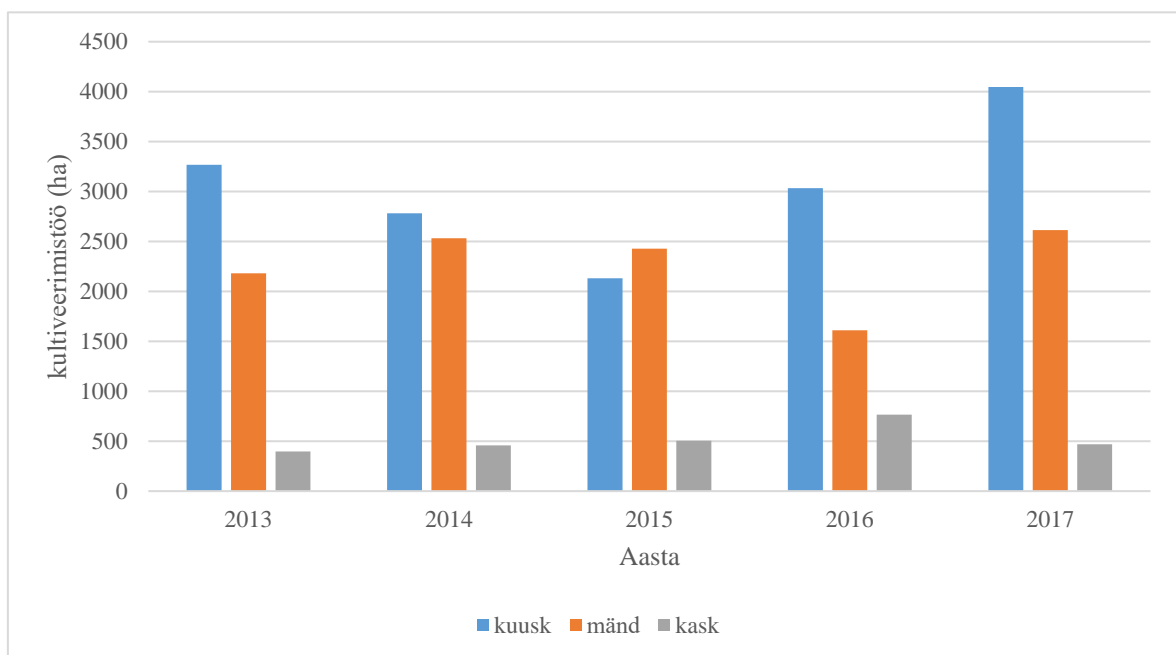
1.1. Arukase kultiveerimine Eestis aastatel 2013-2017

2014. aastal oli arukasel hea seemneaasta (Aastaraamat... 2016). Erametsaomanikel on 2014. aasta seisuga tekkinud suurem huvi kultiveerimise vastu, mistõttu imporditakse taimi ka välismaalt. Näiteks, 2014. aastal moodustasid kasetaimed 12% Eestisse toodavatest metsataimedest. Populaarsuse tõusust hoolimata ei ole 2014. aastast enam täpset informatsiooni eramaadel kavandatavate tööde mahu kohta. (*Ibid*)

RMK poolt teostati 2017. aastal 9 571,7 hektaril metsauuendustöid, millest istutus moodustas 75% (Aastaraamat... 2018). Istutusest 57% moodustas harilik kuusk, 37% harilik mänd ja ülejäänud 6% istutusest moodustas peaaegu täielikult arukask (*Ibid*).

Eestis kolm kõige levinumat metsaistutuse puuliiki on arukask, harilik mänd ja harilik kuusk (Aastaraamat... 2018). Viimase viie aasta jooksul (2013–2017) on RMK läbi viinud metsauuendamist arukase kultiveerimise näol keskmiselt 500 ha aastas (*Ibid*):

2013. a istutati RMK metsi kuusega 3 267,1 ha, männiga 2 181,7 ha ja kasega 396,5 ha.
2014. a istutati RMK metsi kuusega 2 781,5 ha, männiga 2 531,7 ha ja kasega 458,1 ha.
2015. a istutati RMK metsi kuusega 3 121,2 ha, männiga 2 427,4 ha ja kasega 504,3 ha.
2016. a istutati RMK metsi kuusega 3 033,0 ha, männiga 1 609,8 ha ja kasega 765,7 ha.
2017. a istutati RMK metsi kuusega 4 046,2 ha, männiga 2 614,0 ha ja kasega 469,3 ha.
(Joonis 1).



Joonis 1. RMK kultiveerimistööd kuuse-, kase- ja männiistikutega (hektarites) 2013-2017 (Aastaraamat ... 2018).

Alates 2013. aastast on kuusetaime istutus RMK metsades 2016. aasta seisuga kahanenud 7.2%, männitaime istutus on kahanenud 26,2% ja kasetaimede istutus on tõusnud 93,1%, mis viitab sellele, et perioodil 2013-2016 tõusis arukase istutamise populaarsus Eesti Riigimetsades suurel määral. 2017. aastal langes see uuesti 2014. ja 2015. aasta tasemele, samas kuuse- ja männiistutuse populaarsus tõusis 5 aasta kõige kõrgemale tasemele. (Joonis 1)

1.2. Arukase istutusmaterjali iseloomustus

Metsataimlates on levinud peamiselt seemnelise päritoluga istutusmaterjali kasvatamine (Metsamajanduse... 2011). Arukase seemikud kasvavad külviosakonnas kuni 2 aastat, enne kui nad on sobilikud metsa istutamiseks (*Ibid*).

Metsaistutusmaterjali kasvatamine on terves maailmas jagunenud kahte põhisuunda: kinnisjuurne (potitaim) ja paljasjuurne taim (Metsamajanduse... 2011). Paljasjuurseid taimi on Eestis kasvatatud juba üle 100 aasta, potitaimi üle 40 aasta. Enam levinud eelnevast kahest meetodist on just paljasjuurse taime kasvatamine. Paljasjuurse istutusmaterjali külvamine toimub peamiselt kevadeti. Seeme külvatakse hästi ettevalmistatud mulla peale, vahel kaetakse ka õhukese liivakihi. Väiksemates taimlates toimub külv käsitsi, suurtemates taimlates on kasutusel külvikud. Arukaske on soovitatav külvata avamaal peenardesse 1,2-1,3 g/jm kohta ja loori all 0,5-1,0 g/jm kohta. Enne paljasjuurse taime metsa istutamist kaevatakse see taimlast välja, tehakse mullast puhtaks, säilitatakse, transporditakse lõppsihtkohta ning seejärel istutatakse mulda. (*Ibid*)

Kinnisjuurse taime kasvatamiseks külvatakse üks seeme väiksesse potti, mis on täidetud väetisega segatud freesturbaga (Metsamajanduse... 2011). Potte täidetakse ja külvatakse spetsiaalsete masinatega ning seejärel hoitakse neid kevadeni külmhoones. Varakevade saabudes viiakse seemnetega potid ümber soojusallikaga kasvuhuonesse, kus taim hakkab idanema. Hiljem viiakse potis olevad taimed välitingimustesse edasi kasvama. (*Ibid*)

Kinnisjuurse taime eelisteks on parem kasvamaminek, kiirem esialgne kasv ja lühem kasvusaeg kui paljasjuursel taimel (Metsamajanduse... 2011). Kinnisjuurse taime metsa istutatamine on kiirem ning taimed on ühtlasema kvaliteediga. Samuti on transportimine vähem riskantne, sest tänu oma mullapallile püsivad taime juured kauem värske ja niiskena kui paljasjuursel taimel. Paljasjuurse taime eelisteks on lihtne ja odavam kasvatamine. Samuti on sageli metsauuendamisel eelistatud paljasjuurne taim oma tugevama võra ja tüvekese ning oma vastupidavuse ning kiirema kasvu tõttu metsas kinnisjuurse taimega võrreldes. Kinnisjuurse taime peamisteks puudusteks on poti ruumalaga piiratud juurekava, nõrgem konkurentsivõime ja suurem oht uluki- ja putukkahjustustele. Samuti on kinnisjuursetel taimedel oma peenema ja nõrgema tüve tõttu suurem lamandumisoht kui paljasjuursel taimel. Paljasjuurse taime puudusteks on suur kasvatuspindala ja lühem

istutamiseks sobilik periood võrreldes kinnisjuurse taimega. Samuti on paljasjuursetel taimedel ebaühtlasem istutusmaterjal ja suuremat rolli mängib istutuse kvaliteet kui kinnisjuursel taimel. (*Ibid*)

1.3. Arukase majanduslik tähtsus

Enne 1980-ndaid peeti kaske pigem majanduslikult väheväärtuslikuks puuliigiks (Tullus 2009). See muutus Eestis 1980-ndate lõpus, kui Skandinaavias arenes välja paberitööstus ja Eestis sai paberipuu majandusliku väljundi ekspordi näol. Paberitööstuse tõttu hakati Soomes põllumaid arukasega metsastama, tänu sellele arenes kiiresti välja kase selektsioon ja seemnekasvatus, mis laienes ka Eestisse. (*Ibid*)

Eesti metsadest moodustasid kaasikud 2017. aastal pindalaliselt 29,5% ja 25,6% üldtagavarast, ehk kasemetsad jäävad tagavara poolest ainult veidi alla Eesti keskmisele metsale (Aastaraamat... 2018). Eestis kasvab majandatavatest kaskedest 2 liiki: arukask (*Betula Pendula*) ja sookask (*Betula Pubescens*), neist suuremat majanduslikku väärtust omab arukask, mille survetugevus ja tihedus on paremad kui sookasel (Akadeemilise... 2001). Mõlema puuliigiga uuenenud noorendikus tuleks sookask arukase vahelt välja raiuda, sest sookask võib olla alguses sama kiire või kiirema kasvuga kui arukask ja konkurentsiga arukase välja tõrjuda. Kui kasepuistu on juba üle 20 aasta vana, tuleks hooldusraide käigus eelistada parema kasvuga isendeid, mitte ühte kindlat liiki, sest selleks ajaks on loodus ise valinud juba kasvukohale kõige sobivama puuliigi. (*Ibid*)

Kaskede peamised kasvukohad on viljakad mullad, mida on võimalusel majanduslikult otstarbekas kasvatada kahe- ja kolme-astmeliselt koos kuuse II rindegaga (Akadeemilise... 2001; Lõhmus 2004). Kuusk varjutaluva puuliigina ei jää kase all kiratsema, kase ja kuuse juurestikud ei asu mullas samal kõrgusel (kuusel on pinnapealsem juurestik) ja neid kahjustavad erinevad seenhaigused, näiteks erinevad juurepessu vormid, mis teeb kase-kuuse segapuistust reeglina tervema puistu, kui seda on kumbki liik puhtpuistuna (Akadeemilise... 2001). Samuti soosib kuusk kase laasumist, mis suurendab kase puitmaterjali väärtust. Kasepuitu kasutatakse mööblitööstuses ja vineeritööstuses, mis vajab kvaliteetset puitu. Kasepuidu

peamiseks kvaliteedi madaldajaks on okste rohkus ning kuna kvaliteetse materjali väljatulek kaseraietest on väga väike, tuleks näha vaeva, et tagada kaskede tüve laasumine. Seda saab looduslikult teha hoides puistu piisavalt tihedana (*Ibid*). Kui kask ei laasu looduslikult ise, siis võib seda teha ka kunstlikul viisil, kuid elusate okste laasimine ei ole soovitatav, sest sellega võib kaasneda erinevate haiguste levik ja värvimuutus puidus (Akadeemilise... 2001; Henno 1977). Kunstlikust laasimisest tulenevat ohtu puidu kvaliteedile saab ära hoida laasides arukaske varajases eas, enne kui kase rinnasdiameeter on üle 10 cm ning mitte laasides üle 1,5 cm jämedusi elusaid oksti (Rytter 1998). Kunstlikul viisil laasides tuleks kase laasimisel jätta elusatel okstel 10 cm tüükad, et vähendada puidumädanikke ja puidu värvumist minimeerida (Akadeemilise... 2001). Kunstlikku laasimist tuleks teha kevadel pärast mahlajooksu lõppu või talvel (*Ibid*). Laasida tuleks eelkõige kuivanud oksti ning peale laasimist ei tohiks elusvõra osakaal langeda alla 50% puu kõrgusest, sest muidu võib see hakata pärssima puu kasvu (Rytter 1998).

Majanduslikult on kasekultuuride rajamine enamasti vähem riskante kui okaspuukultuuride rajamine, sest kask on vähem vastuvõtlik juure- ja tüvemädanikele ega kasva põllukultuurides nii jämeokslikuks kui mänd, mis suurendab kase puistu väärtust võrreldes okaspuupuistuga (Tullus 2009).

Arukase majandusliku väärtuse iseloomustamiseks on tabelis 1 toodud esile kase ja teiste puuliikide sortimentide hinnad.

Tabel 1. Erametsa ümarpuidu hinnad käibemaksuta lõpplaos märts 2019 seisuga (Erametsakeskus 2019)

Sort	Hind euro	Hinnamuut võrreldes eelmise kvartali hinnaga	Hinnamuut võrreldes aasta taguse hinnaga
Männipalk	81,23	-2,6%	1,1%
Männipeenpalk	76,50	-2,5%	-0,9%
Kuusepalk	80,08	-2,0%	0,6%
Kuusepeenpalk	76,26	-2,5%	-0,4%
Kasepakk	120,94	-0,6%	4,0%
Kasepalk	75,22	-1,5%	3,3%
Haavapalk	43,50	-2,2%	1,2%
Lepapalk	42,57	1,7%	6,0%
Männipaberipuit	49,37	-21,8%	-16,0%
Kuusepaberipuit	49,37	-21,7%	-16,0%
Kasepaberipuit	54,63	-2,3%	-2,7%
Haavapaberipuit	35,62	-2,3%	-10,9%
Küttepuit	31,87	-0,6%	4,1%

Tabelist 1 võib välja lugeda, et arukase puistu kasvatamisel hakkab puistu rohkem majanduslikku väärtust tootma siis, kui ta hakkab kasvatama kasevineeripakku. 2019. aasta märtsi seisuga oli kasepaberipuidu ja kasevineeripaku keskmisteks lõpplao hindadeks vastavalt 54,63 eurot ja 120,94 eurot, ehk 1 tm puidu realiseerimisel on saadava raha vahe 66,31 eurot. Lisaks tuleb arvestada, et puidu raiumisel ja realiseerimisel tehtavad kulutused on mõlemal sortimendil sarnased, mis muudab kasevineeripaku kasumi võrreldes kasepaberipuiduga protsentuaalselt veelgi suuremaks. Ühelgi teisel puuliigil nii suurt majanduslikku erinevust sortimentide vahel tabelist näha ei ole. Selle tõttu on arukase puistu kujundamisel majanduslikult eriti tähtis arvestada sellega, et lõppraideks oleks kasepuistus suur protsent väljatulevast puidust kallimasse sortimendiklassi kuuluv materjal.

2. ARUKASE KASVUKS SOBILIKUD KASVUKOHATÜÜBID

Metsa uuendamise sihiks on valida kasvukohatüübile sobiv puuliik tagamaks tulevikus võimalikult suure väärtusega puistu nii majanduslikust, sotsiaalsest kui ka ökoloogilisest vaatenurgast (Metsamajanduse... 2011). Uuendamisel tuleb hinnata looduslike uuendamisvõimaluste olemasolu, kasvukoha potentsiaali, vajadust konkreetse liigi järele ning juuremädaniku levikut endises puistus. Arukasele on sobilikud naadi, jänese kapsa ning sinilille kasvukohatüübid. (*Ibid*)

2.1. Naadi kasvukohatüüp

Naadi kasvukohatüüp levib tasasel või nõrgalt lainja reljeefiga aladel Eesti kesk-, ida- ja edelaosas (Metsamajanduse... 2011). Mulla lähtekivim on karbonaatne ning esinevad leetjad ja gleistunud leostunud mullad (Lõhmus 2004). Kõdukiht puudub või on väga õhuke, sest lagunemistingimused on head (Metsamajanduse... 2011). Mulla huumushorisont on tüse (15-30 cm) (Lõhmus 2004).

Viljaka mulla ja soodsa veerežiimi tõttu esinevad naadi kasvukohatüübil lehtpuistud, lehtpuu-kuuse segapuistud ning kuusepuistud boniteediga Ia-I (Metsamajanduse... 2011). Levinud on hall-lepikud, kaasikud, kuusikud ja haavikud (Lõhmus 2004). Puistutes on sageli esindatud laialehised lehtpuuliigid ning II rindes esineb lehtpuupuistutes kuuske ja pärna (Metsamajanduse... 2011).

Esindatud liigid on kusalpuu, lodjapuu, näsiniin, harilik sarapuu, mage sõstar, toomingas (Lõhmus 2004; Metsamajanduse... 2011). Väga rikas alustaimestik koosneb liikidest nagu koldnõges, harilik kolmissõnajalg, harilik kopsurohi, mitmeõiene kuutõverohi, laanesõnajalg, maarjasõnajalg, lõhnav madar, maikelluke, metspipar, metstulikas, naat,

harilik naiste-sõnajalg, püsik-seljarohi, saluhein, mets- ja salu-tähthein, kevadine seahernes, sinilill, roomav tulikas ja ussilakk (Metsamajanduse... 2011).

Naadi kasvukohatüüp on parim arukase, hariliku haava, hariliku pärna ja hariliku kuuse kasvatamiseks, kusjuures arukask on oma tootlikuselt kõrge täiuse tõttu harilikust kuusest parem (Lõhmus 2004; Metsamajanduse... 2011). Lageraie järel tõuseb mulla niiskuste, mille tõttu muutuvad mikrolohud niiskeks või märjaks ja seal hakkavad vohama niiskuslembelised taimed (Metsamajanduse... 2011).

Arukase uuendamisel naadi kasvukohatüübis on soovituslik jätta raiesmik looduslikule uuenemisele või istutada seaduga 2,5 x 2,0 m, ehk 2 000 tk/ha (Laas 2001).

2.2. Jänesekapsa kasvukohatüüp

Jänesekapsa kasvukohatüüp asub kõrgematel lainjatel tasandikel või küngastel peamiselt Lõuna-Eestis, vähemal määral Kesk- ja Ida-Eestis (Metsamajanduse... 2011). Mulla lähtekivimiks on enamasti karbonaadiiv- või liivsavimoreen (Lõhmus 2004). Muld on hea äravooluga ning põhjavee tase asub sügavamal kui 2 m (Metsamajanduse... 2011). Esindatud on nõrgalt kuni keskmiselt leetunud ja näivleetunud happelised mullad, mis võivad olla ka nõrgalt gleistunud. Mulla huumushorisont on 10-20 cm, kõdukiht 1-5 cm. Raskema lõimimise korral kujuneb leethorisont ebaselgelt. Kui leetunud muldadega endised põllumaad metsastuvad, tekib seal ajapikku jänesekapsa kasvukohatüüp. (*Ibid*)

Puistud on enamasti kõrge tootlikkusega ning boniteediklassides Ia-I(II) (Lõhmus 2004). Peapuuliigiks on enamasti kuusk, kui seda ei takista tugev nakatumine juurepessuga. Samuti on enamlevinud kultiveeritud männikud ning sekundaarsed kaasikud, vähemal määral ka hall-lepikud ja haavikud. Esineb palju kuuse järelkasvu ja II rinnet. (*Ibid*)

Alusmets on hõre või keskmise tihedusega (Lõhmus 2004). Esinevad kuslapuu, punane leeder, näsiniin, paakspuu, harilik pihlakas, sarapuu, mage sõstar ja vaarikas. Liigirikkas alustaimestik esineb suurel määral jänesekapsas ja jänesesalat, aga ka leseleht, laanelill,

lillakas, sinilill, võsaülane, maasikas, külmamailane, koldnõges, harilik kolmissõnajalg, harilik naistesõnajalg, ohtene sõnajalg, kuldvits ja mustikas. Sammaldest esinevad metsakäharik, laanik ja lehviksammal. (*Ibid*)

Raiesmikel domineerib metskastik, selle järel põdrakanep, madalama rindena lillakas ja metsmaasikas (Lõhmus 2004; Metsamajanduse... 2011). Uuendama peaks okaspuudega – pohla-jänese kapsa alltüübil mänd või lehis, naadi-jänese kapsa alltüübil kuusk (Metsamajanduse... 2011). Mõlemal alltüübil peaks kasvatama okas-lehtsegapuistuid arukasega. Kase domineerimise tõrjumiseks on okaspuukultuurides tähtis teostada valgustusraiet. Juurepessu nakatumise vältimiseks on harvendusraiete tegemine soovitatav ainult miinuskraadidega. (*Ibid*)

Arukase uuendamisel jänese kapsa kasvukohatüübis on soovituslik jätta võimalusel raiesmik looduslikule uuenemisele (Laas 2001).

2.3. Sinilille kasvukohatüüp

Sinilille kasvukohatüüp esineb lainjail moreentasandikel, voortel, oosidel ja teistel positiivsetel pinnavormidel (Metsamajanduse... 2011). Mulla lähtekivim on rähkmoreen või kollakashall karbonaatne liivsavi (Lõhmus 2004).

Mullad on keskmise sügavusega rähkmuld, leetjas, leostunud või koreserikas leostunud muld, millest leetjad ja leostunud mullad on neutraalsed, keskmise huumusesisaldusega liivsavimullad (Metsamajanduse... 2011). Lagunemistingimused on head ning metsakõdukiht puudub või on väga õhuke (kuni 2 cm) (Metsamajanduse... 2011; Lõhmus 2004). Huumushorisont on tüse (15-25 cm), hea struktuuriga ja mullareaktsioon on lähedal neutraalsele (Lõhmus 2004). Põhjavesi asub sügavamal kui 2 m (*Ibid*). Kõrgematel kohtadel on suvel põuaohht (Metsamajanduse... 2011).

Esineb kõige rohkem kuusepuistuid, millel on tihti juurepessukahjustus (Metsamajanduse... 2011). Populaarsed on ka kaasikud ja männikud, mis on hea seisundiga (*Ibid*). Puistute

boniteet on Ia-II (Lõhmus 2004). Vähemal määral leidub haavikuid, hall-lepikuid ja tammikuid (Metsamajanduse... 2011).

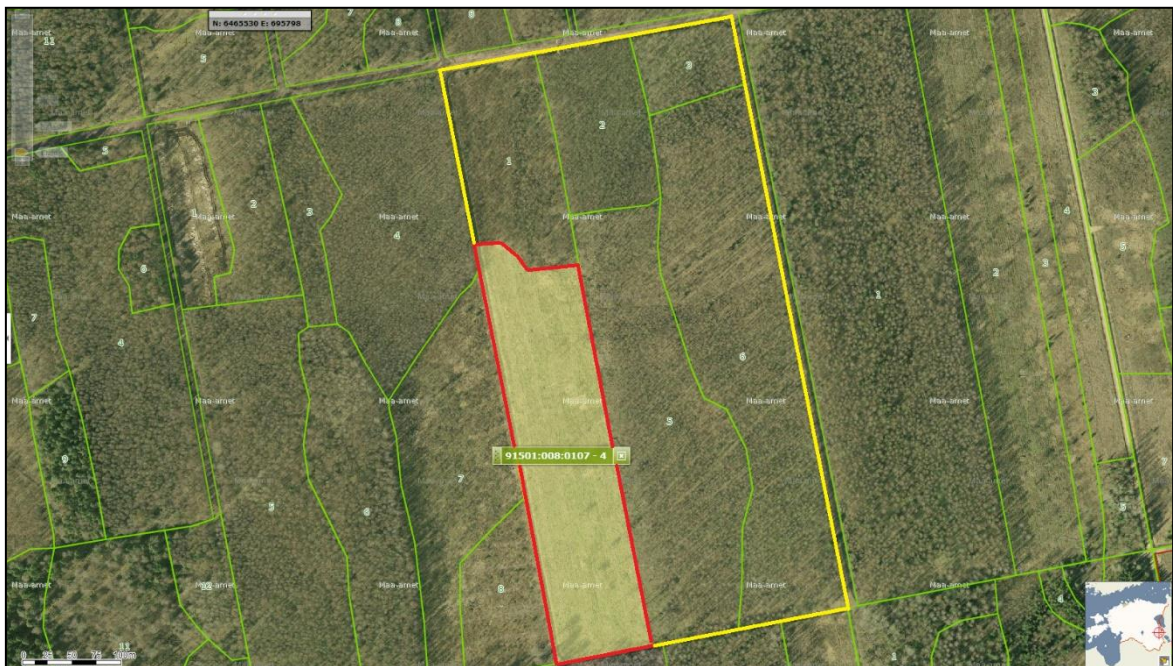
Alusmetsas esinevad kadakas, kuslapuu, näsiniin, pihlakas, harilik sarapuu, mage sõstar, türnpuu ja vaarikas (Metsamajanduse... 2011). Liigirikkas alustaimestik esinevad aasosi, angerpist, longus helmikas, värv- ja hobumadar, jänesekapsas, koldnõges, külmamailane, mets- ja verev-kurereha, lillakas, maikelluke, mets-tähthein, metskastik, metsmaasikas, kandiline naistepuna, pohl, salu-siumari, sinilill, ussilakk, võsaülane ja Lõuna-Eesti vähestes sinilille kasvukohatüübi kohtades mustikas (Lõhmus 2004; Metsamajanduse... 2011). Samblarinne ei ole väga tihe, esinevad laanik, raunik, lehviksammal, metsakäharik ja palusammal. (*Ibid*)

Sinilille kasvukohatüübis on head mulla omadused okaspuude kasvatamiseks (Metsamajanduse... 2011). Kasvatada tuleks eelkõige okas-lehtsegametsi ning vältida puhtkuusikute kasvatamist juurepessu ohu ja selle tagajärjel tekkiva ürasekikahjustuse tõttu (Metsamajanduse... 2011, Lõhmus 2004). Juurepessu nakkuse kõrge ohu pärast tuleb harvendusraideid teostada vaid talvisel ajal (Metsamajanduse... 2011). Sarapuude ja muude põõsaste rohkus takistab metsa uuendumist (*Ibid*).

Sinilille kasvukoha puistutest moodustavad ca 67% kuusikud, 25% männikud ja 10% kaasikud (Lõhmus 2004). Arukase uuendamisel sinilille kasvukohatüübis on soovituslik taim istutada seaduga 2,0 x 2,0 m, ehk 2 500 tk/ha (Laas 2001).

3. MATERJAL JA METOODIKA

Katsekultuur asub Tartu maakonnas, Võnnu vallas, Järvelja õppe- ja katsemetskonnas kvartali 211 eraldisel 4 (Joonis 2). Eraldise pindala on 4,1 ha ja kasvukohatüübiks on jänesekapsa. Uuendusraie toimus sellel eraldisel 2012. aastal ja peamisteks puuliikideks olid sanglepp ja arukask, vähemal määral ka pärn. Endiselt on eraldisel alles üksikud eelmainitud puuliikide isendid (Joonis 3).



Joonis 2. Ortofoto järvelja õppe- ja katsemetskonnas asuva kvartali 211 eraldise 4 asukohast. Foto on põhja-lõuna suunaline (Metsaregister 2019).

Takseerikirjeldus - katastritunnus 91501:008:0107, kvartal JS211, eraldis 4 - Google Chrome

register.metsad.ee/avalik/info.php?id=457602848311

Takseerikirjeldus - katastritunnus 91501:008:0107, kvartal JS211, eraldis 4

Maakond: Tartu Vald: Võnnu Üksus: SA Järvselja õppe- ja katsemets0 (0)	Korraldaja: Eesti Maaülikool Taks. kp: 9.09.2014 Kava kp: 9.09.2014 Otsuse kp: 28.04.2015
--	--

Pindala: 4,1 ha Baaskõrgus: 29,5 Boniteet: I Kuivendatud: Ei Kasvukoht: jänese kapsa Kaitsealuse ala pindala: 0,0 Kõlviku liik: Tootlik metsamaa Kaitse põhjus: - Arenguklass: Selguseta ala Tuleohu klass: keskmine tuleoht(III)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Rinne</th> <th>Tagavara tm</th> <th>tm/ha</th> <th>Täius</th> <th>Rinnaspindala m2/ha</th> </tr> <tr> <td>Esimene</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Teine</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Üksikpuud</td> <td>16</td> <td>3,9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maht kokku</td> <td>16</td> <td>3,9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surnud mets</td> <td>20</td> <td>4,9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lamapuit</td> <td>20</td> <td>4,9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Juurdekasv</td> <td>0,0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Rinne	Tagavara tm	tm/ha	Täius	Rinnaspindala m2/ha	Esimene	0	0,0	0	0,0	Teine	0	0,0	0	0,0	Üksikpuud	16	3,9			Maht kokku	16	3,9			Surnud mets	20	4,9			Lamapuit	20	4,9			Juurdekasv	0,0	0		
Rinne	Tagavara tm	tm/ha	Täius	Rinnaspindala m2/ha																																					
Esimene	0	0,0	0	0,0																																					
Teine	0	0,0	0	0,0																																					
Üksikpuud	16	3,9																																							
Maht kokku	16	3,9																																							
Surnud mets	20	4,9																																							
Lamapuit	20	4,9																																							
Juurdekasv	0,0	0																																							

Rinne	%	Puuliik	Vanus	Jooksev vanus	H	D	G	Päritolu	maht	maht/ha	N	Vr%
* -	100	Sanglepp	1	-	1.5	1	0,0	S	0	0,0	500	0
Üksikpuud	57	Pärn	34	36	14	12	0,3	S	8.2	2,0	30	0
Üksikpuud	22	Sanglepp	84	86	29	28	0,1	S	0	0,0	1	0
Üksikpuud	21	Kask	84	86	29	28	0,1	S	0	0,0	1	0

*Enamuspuuliik

Tööd	Järjekord	Puude arv	Puuliik	Pindala	Aasta
lageraie	tehtud töö	0		4,1	2012

Rinne	Kahjustatud puuliik	Osakaal (%)	Põhjus	Aste
Kaalutud keskmine vanus		Kaalutud keskmine raievanus		
-		-		

Märkused:

Allikas: metsaressursi arvestuse riiklik register, 04.04.2016

Printi

Joonis 3. Järvselja õppe- ja katsemetskonna kvartali 211 eraldise 4 takseerikirjeldus (Metsaregister 2016).

Järvselja kvartali 211 eraldisele 4 rajati algselt 15 proovitükki, millest üks on oma paiknemise tõttu uuritavatest katsetükkidest eemaldatud. Allesjäänud 14 proovitükki on mõõtmetega 40 x 30 m ja proovitükkide vahel on 10-meetrine puhverala, millele ei ole pärast raieid midagi kultiveeritud. Ühe proovitüki suurus on seega 0,12 ha. Proovitükkide nurkades asuvad piiripostid, mis on märgitud punase lindi või värviga. Allpool väljatoodud joonisel 4 on skeem katseala proovitükkide paiknemisest ja nende istutustihedusest.

	40m	10m	
30m	1. 1000 tk/ha		8. 500 tk/ha
	2. 2500 tk/ha		9. 1000 tk/ha
	3. 8000 tk/ha		10. 2500 tk/ha
	4. 500 tk/ha		11. 7333 tk/ha
	5. 2683 tk/ha		12. 500 tk/ha
	6. 7608 tk/ha		13. 1041 tk/ha
	7. 1000 tk/ha		14. 2500 tk/ha

Joonis 4. Katsealal paiknevate proovitükkide skeem ja planeeritavad algtihedused (tk/ha).

2013. aasta mais istutati uuritavatele proovitükkidele 5 000 üheaastast kasetaime ja märgiti need algselt värvilise lindiga (Kokk 2014). Sama aasta oktoobris alustati noorte taimede markeerimist ja nummerdamist. Nummerdati 4 310 puud, sest ülejäänud 690 puud olid

esimese 5 kuu jooksul juba hukkunud. Proovitükkide algtihedused on välja toodud tabelis 2. (*Ibid*)

Tabel 2. Algtihedused ja istutatud puude arv erinevatel proovitükkidel (Kokk 2014)

Proovitükile istutatud puude arv (tk)	Algtihedus (tk/ha)	Proovitüki nr.
60	500	4; 8; 12
120	1000	1; 7; 9
125	1041	13
300	2500	2; 10; 14
322	2683	5
880	7333	11
913	7608	6
960	8000	3

Tabelist 2 saab välja lugeda, et kõige vähem puid on istutatud proovitükkidele 4, 8 ja 12, kuhu istutati ainult 60 taime. Kõige suurema taimede arvuga proovitükk on nr 3, millele on istutatud 960 puud. Seega erinevatel proovitükkidele istutatud taimede arv võib erineda kuni 16 korda. Allpool olevas tabelis 3 on välja toodud proovitükkidele planeeritud seadud ja teoreetilised algtihedused.

Tabel 3. Proovitükkidele planeeritud seadud ja teoreetilised algtihedused. (Kokk 2014)

Seadu (m x m)	Teoreetiline algtihedus	Proovitüki nr
1 x 1	10 000	3; 6; 11
2 x 2	2500	2; 5; 10; 14
3 x 3	1108	1; 7; 9; 13
4 x 5	500	4; 8; 12

2013. aasta oktoobris tehti peale taimede markeerimise veel ka mõõtmised kuuel prooviruudul ja lisati 1 993-le puule näriliste tõrjeks looduses iselagunevad plastmassist kaitsetorbikud (Kokk 2014). 3. kasvuaasta vaatlustel selgus, et kaitsetorbikud olid võrreldes ülejäänud katsealaga tekitanud tiheda rohu- ja võsakasvu torbiku sisse, arukase taime vahetusse lähedusse, mis raskendas arukase taime kasvamist ning samuti olid osad kaitsetorbikud aidanud kaasa arukase lamandumisele. 2014. aasta sügisel tehti teine mõõtmine proovitükkidel 1-14 ja märgiti arukasetaimed märkevärviga (Aun 2015).

2015. aasta sügisel tehti kolmas mõõtmine proovitükkidel 1-14. Mõõtmine toimus mõõdulindi ja mõõdulatiga, istutatud arukase taimed mõõdeti sentimeetri täpsusega

maapinnast ladvapungani. Kolmel kõige suurema algtihedusega proovitükil loeti ära kõik elusolevad puud ning mõõdeti 150 kõrgust kõigi kolme proovitüki kohta. Otsus jätta mõõtmata kõik kõrgused kolme kõige suurema algtihedusega proovitükil võeti vastu koos juhendajaga kehvade ilmatingimuste ning pikenenud mõõtmistöö olemuse tõttu. Kõrgemate kasetaimede mõõtmine võttis lisaaega ning väiksemate taimede leidmine oli raskendatud, sest suurel hulgal olid kadunud ning eemaldatud närilistevastased kaitsetorbikud, mis aitasid eelnevatel aastatel kergemini määratleda istutatud taimede asukohta. Samuti oli eelmiste aastatega võrreldes suurenenud rohu ning võsakasv. 2013. aasta andmed mõõtis ning analüüsis Andre Kokk (Kokk 2014). 2014. aasta andmed mõõtis ning analüüsis Kristiina Aun (Aun 2015). 2015. aasta mõõtmised viis läbi selle lõputöö autor ning mõõtmiste tulemused on välja toodud lisades 1-14.

Kuigi metsaregistri järgi asuvad proovitükid kõik ühel eraldusel, mille kasvukohatüübiks on jänese kapsa, siis varieeruvad katseala sees mulla niiskustingimused. Samuti erinevad veidi ka valgustingimused. Osad proovitükid asuvad küpsele metsale lähemal, kohati on osadel proovitükkidel rohu- ja võsakasv suurem ja samuti mõjutavad vähesel määral valgustingimusi ka pärast uuendusraiet alles jätud üksikpuud. Käesoleva katse disain põhineb proovitükkide juhuslikul paiknemisel üle katseala, mistõttu võib eelpool nimetatud faktorite mõju välistada töötluste vahel.

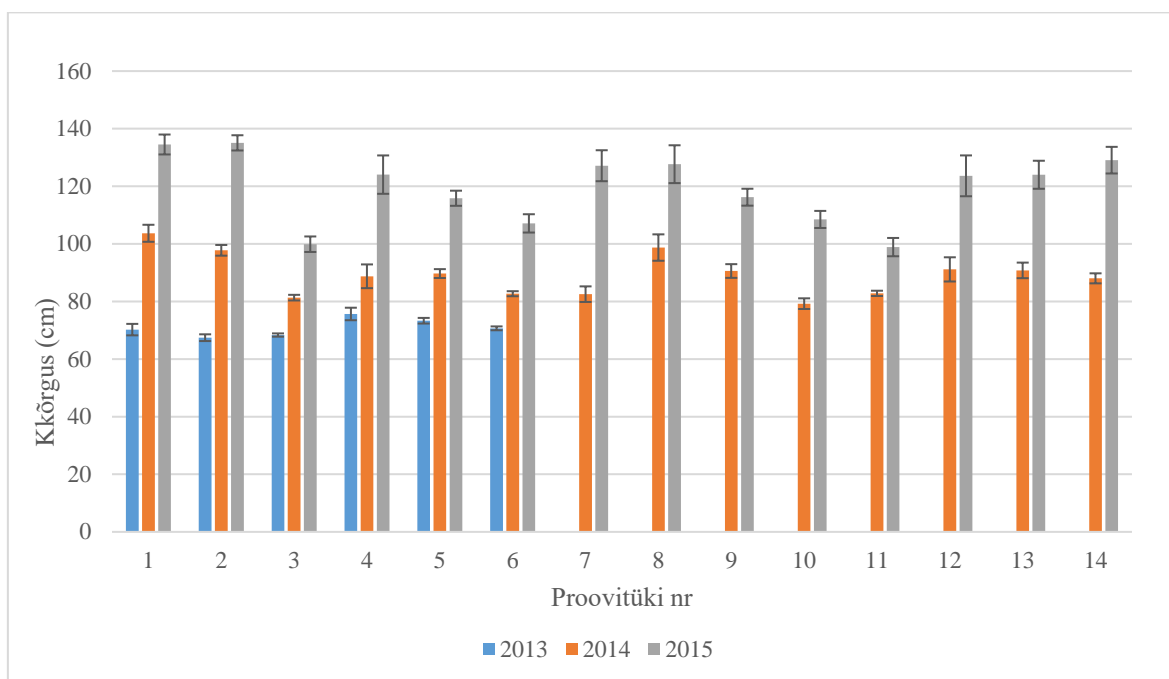
Välitööde käigus kogutud andmed sisestati MS Exceli keskkonda. Enne statistilisi analüüse hinnati andmete sobivust normaaljaotusele. Kultuuride algtiheduse mõju kõrguskasvule ja säilivusele analüüsiti dispersioonanalüüsiga (ANOVA), kus algtiheduse mõju käsitleti mittepideva faktorina (500 tk/ha, 1 000 tk/ha, 2 500 tk/ha ja 8 000 tk/ha). Statistiliselt olulise peamõju korral ($p < 0,05$) kasutati t-testi gruppide omavaheliste erinevuste tuvastamiseks. Olulisuse nivoo oli kõikidel juhtudel $p < 0,05$.

4. TULEMUSED JA ARUTELU

Mõõtmistööde käigus mõõdeti säilinud arukaskede kõrgused 14 erineval proovitükil. Mõõtmistööde tulemusena loeti 2015. aastal 2 599 elusat taime ning mõõdeti kõrgused 1 574 puul. Arvutati välja keskmised kõrgused proovitükiti ja algtiheduse järgi ning leiti suurimad ja väiksemad kõrgused igal proovitükil. Samuti arvutati välja istutatud arukaskede säilivus proovitükiti ning algtiheduse järgi.

4.1. Kultuuride kõrguse formeerumine

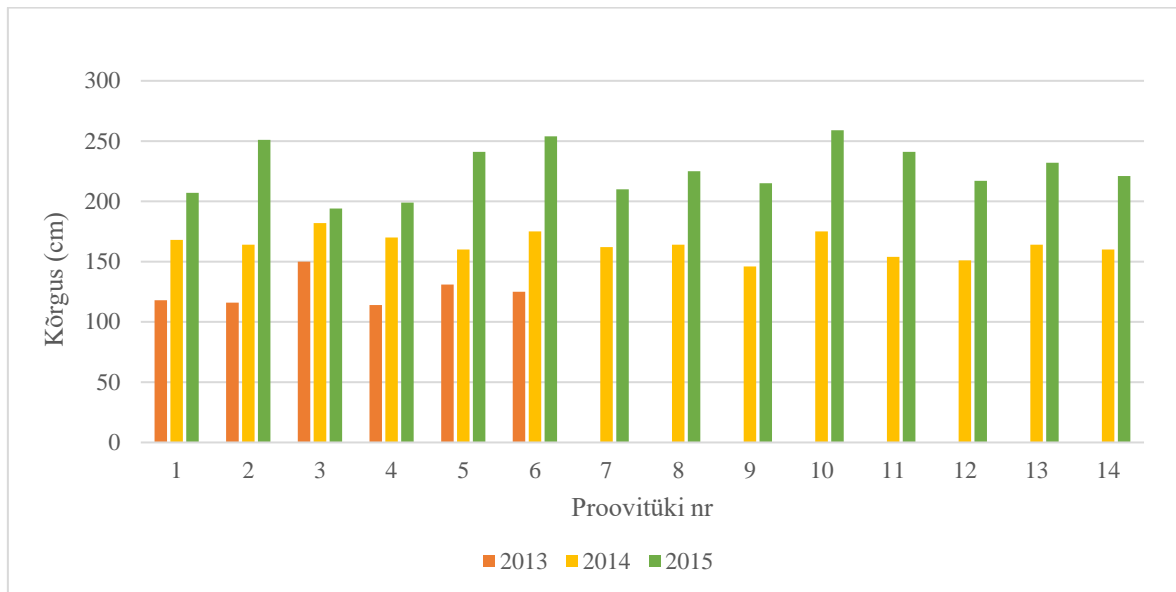
Jooniselt 5 võib näha kõigi kolme kasvuaasta mõõtmistööde tulemusena proovitükkide keskmisi kõrgusi. 2013. aastal mõõdeti vaid kuue esimese proovitüki kõrgused.



Joonis 5. Arukase keskmised kõrgused proovitükiti (cm) 2013.-2015. aastal. Veapiirid tähistavad standardviga. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Kõige kõrgemad keskmised kõrgused mõõdeti 3. kasvuaastal 1. ja 2. proovitükil, mille tihedused olid vastavalt 1 000 tk/ha ja 2 500 tk/ha kohta ja kõrgused 134,5 cm ja 135,1 cm, mis olid ühed kõrgeimate mõõdetud keskmistega proovitükid ka 2. kasvuaastal. Samas olid 1. kasvuaastal proovitükk 1 ja 2 ühed madalaimad keskmise kõrgusega proovitükid, ehk võib arvestada, et esimese kasvuaasta mõõdetud keskmised kõrgused ei andnud veel selget aimu keskmiste kõrguste formeerumisest 3. kasvuaastal. Kõige madalamad keskmised kõrgused mõõdeti 3. kasvuaastal proovitükkidel 3, 6 ja 11, mis olid ühed madalaimate keskmistega proovitükid ka 2. kasvuaastal ning kuuluvad kõik 8 000 tk/ha algtiheduse gruppi. Selle põhjal võib väita, et juba 2. kasvuaastal oli algtiheduse mõju kõrguskasvule märgatav. Samuti oli looduses vaatlemisel näha, et hõredama taimestikuga ja kuivemad olid katseala põhja- ja lõunaotsad, keskelt oli märjem ja tugevama rohu- ning võsakasvuga. Paremaid kasvutingimusi täheldati 2015. aastal just kuivemates ja vähesema taimestikuga osadel. Seda väidet toetab ka joonis 5, millelt on näha, et kõige kõrgemad kõrgused mõõdeti proovitükkidel 1, 2, 7, 8 ja 14, mis asuvad kõik katseala otsades.

Andmetöötluse käigus tulid välja ka kõige kõrgemad ja madalamad arukasetaimed igal proovitükil. Kolmel aastal kogutud andmete põhjal on loodud joonised 6 ja 7.



Joonis 6. Kõrgeimad kõrgused proovitükiti 2013.-2015. aastal. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

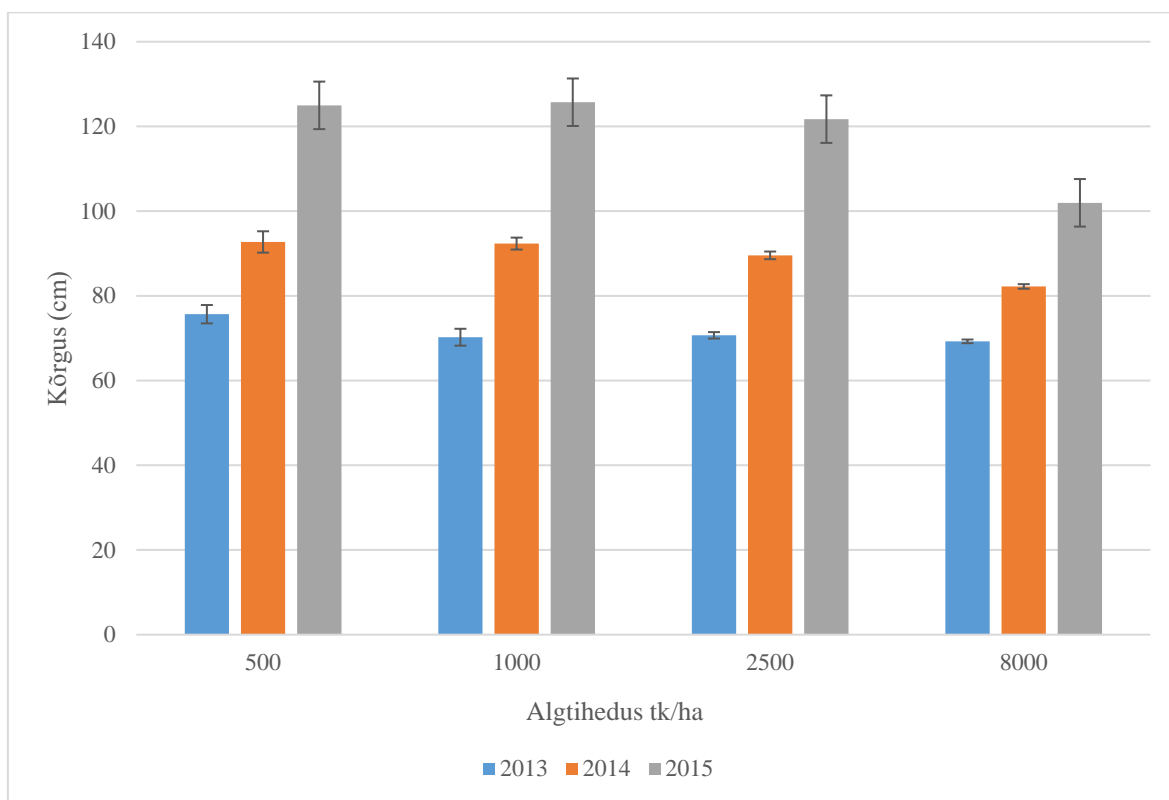


Joonis 7. Madalaimad kõrgused proovitükiti 2013.-2015. aastal. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Jooniselt 6 võib välja lugeda, et 3. kasvuaasta kõige kõrgema kõrgusega puud asusid proovitükkidel 2, 6 ja 10, mis olid tihedama algtihedusega proovitükid (vastavalt 2 500 tk/ha, 8 000 tk/ha ja 2 500 tk/ha). Samas olid 2. kasvuaastal kõige kõrgemad isendid proovitükkidel 9, 11 ja 12 ja 1. kasvuaastal proovitükkidel 1, 2 ja 4, ehk otsest seost kõige kõrgematel mõõdetud arukase taimedel konkreetsete proovitükkidega mitme aasta lõikes ei ilmne. Kõige madalamad maksimaalsed kõrgused 3. kasvuaastal mõõdeti proovitükkidelt 3 ja 4, mis samuti ei ühti üheselt eelmiste kasvuaastate kõige madalamate maksimaalsete kõrgustega katsealal. Proovitükil 2 suurenes maksimaalne kõrgus 2. ja 3. kasvuaasta vahel 87 cm võrra, proovitükil 6 suurenes kõrgus 79 cm võrra ja proovitükil 10 suurenes kõrgus 84 cm võrra. Kuigi tegemist ei pruugi olla samade taimeisenditega, on nendel kolmel proovitükil kõige kõrgemate taimede kõrgused aastaga suurenenud vähemalt 79 cm.

Jooniselt 7 võib välja lugeda, et kõige madalama kõrgusega puud asusid 3. kasvuaastal proovitükkidel 3, 10 ja 11, millest proovitükk 3 on olnud kõigil kolmel kasvuaastal üks kõige madalamate isenditega proovitükk. Proovitükkidel 10 ja 11 asusid ka 2. kasvuaastal ühed katseala kõige madalamad isendid. 1. kasvuaasta mõõtmisi nendel kahel proovitükil ei tehtud. 3. kasvuaastal olid proovitükkide 3 ja 10 madalaimad kõrgused 33 cm ja proovitüki 11 madalaim kõrgus oli 36 cm. Jooniselt ilmneb otsene seos proovitükkide madalaimate kõrguste vahel kolmel kasvuaastal. Kõige madalamad kõrgused kujunevad peamiselt sellest, kui taim on jäänud kiratsema või on ulukid hammustanud taimel ladvakasvu ära.

Mõõtmistööde tulemusena jagunesid keskmised kõrgused algtiheduse järgi gruppidesse. Arukase keskmised kõrgused tihedusgrupiti on näha joonisel nr 8.



Joonis 8. Keskmised kõrgused tihedusgrupiti 2013.-2015. aastal. Veapiirid tähistavad standardviga. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Jooniselt 8 võib välja lugeda, et esimesel kasvuaastal oli väikseima keskmise kõrgusega 8 000 tk/ha tihedusgrupp, mille keskmine kõrgus oli 69,3 cm ning mis oli 1 cm võrra madalam järgmisest tihedusgrupist. Esimese kasvuaasta mõõtmiste teostaja ei täheldanud piisavat algtiheduse mõju keskmiste kõrguste kujunemisele (Kokk 2014). Jooniselt 8 on näha, et teisel kasvuaastal on suurenenud keskmise kõrguse vahe 8 000 tk/ha proovitükkidel võrreldes teiste algtihedusgruppidega. Ka teise kasvuaasta mõõtmiste teostaja täheldas, et 8 000 tk/ha proovitükkidel on mõju keskmiste kõrguste kujunemisele (Aun 2015). Kolmandal kasvuaastal on selgelt märgatav, et 8 000 tk/ha tihedusgrupp on samuti kõige madalama keskmise kõrgusega võrreldes teiste tihedusgruppidega. Seega on alates teisest kasvuaastast märgata selget algtiheduse mõju kõrguskasvule 8 000 tk/ha proovitükkidel. Kõige kõrgem keskmine kõrgus arvutati 2015. aastal proovitükil 2, mis oli algtihedusega 2 500 tk/ha ning mille keskmiseks kõrguseks oli 135,1 cm. Kõige madalama keskmise

kõrgusega oli proovitükk 11, mille algtiheduseks oli 8 000 tk/ha ja mille keskmiseks kõrguseks oli 98,9 cm.

Dispersioonanalüüsiga testiti tiheduse mõju puude kasvule ainult töö autori poolt kogutud andmete põhjal (3. kasvuaasta). Tiheduse peamõju kõrguskasvule oli statistiliselt oluline ($p < 0,001$). Järgnenud paarikaupa võrdluses selgus, et 3. kasvuaasta mõõtudes oli kõige tihedam algne istutustihedus (8 000 tk/ha) oluliselt väiksem teistest tihedusgruppidest (kõikidel juhtudel $p < 0,001$). Teised tihedusgrupid omavahel usaldatavalt ei erinenud ($p > 0,05$).

4.2. Kultuuride säilivus

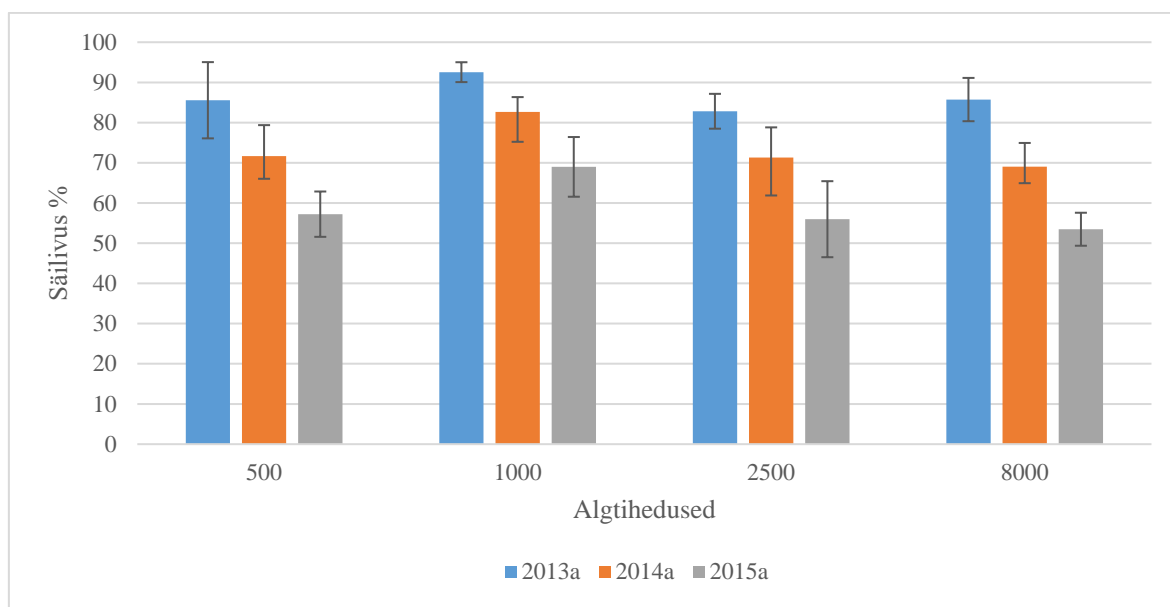
Tabelis 4 on näha proovitükkidele algselt istutatud arukaskede arv, on loendatud säilinud kaskede arv 2013., 2014. ja 2015. aastal ja arvutatud nende säilivusprotsendid.

Tabel 4. Istutatud arukaskede arv proovitükkidel ning nende säilivus aastatel 2013.-2015. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Proovitükk	Istutatud, tk	Säilinud kased 2013, tk	Säilinud kaskede % (2013)	Säilinud kased 2014, tk	Säilinud kaskede % (2014)	Säilinud kased 2015, tk	Säilinud kaskede % (2015)
1	120	111	92,5	110	91,7	98	81,7
2	300	249	83	245	81,7	216	72,0
3	960	773	80,5	702	73,1	523	54,5
4	60	56	93,3	51	85	41	68,3
5	322	306	95	279	86,6	210	65,2
6	913	881	96,5	699	76,6	548	60,0
7	120	117	97,5	93	77,5	58	48,3
8	60	40	66,7	43	71,7	30	50,0
9	120	103	85,8	91	75,8	82	68,3
10	300	228	76	172	57,3	173	57,7
11	880	706	80,2	505	57,4	404	45,9
12	60	58	96,7	35	58,3	32	53,3
13	125	118	94,4	107	85,6	97	77,6
14	300	232	77,3	179	59,7	87	29,0
Kokku/keskm.	4640	3978	86,8	3311	74,1	2599	59,4

Tabelist 4 võib näha, et kõigi proovitükkide kohta oli keskmine säilivus 2013. aastal 86,8% ja 2014. aastal 74,1%. 2015. aastal oli keskmine säilivusprotsent proovitükkidel 59,4%. 2013. aasta mõõtmiste tulemusena leiti, et algsest 14 proovitükile istutatud 4 640 taimest on surnud või ei suudetud leida 667 taimet. 1. kasvuaastal oli kõige parema säilivusega proovitükk 7, mille säilivus oli 97,5% ning kõige madalama säilivusprotsendiga proovitükk 8, mille säilivus oli 66,7%. 2014. aastal oli kõige parema säilivusega proovitükk nr 1, kus oli säilinud 91,7% algsest istutatud arukaskedest ning kõige madalama säilivusega oli eraldus 10, millel oli säilinud 57,3% algsest istutatud arukaskedest. 2014. aasta seisuga oli surnud või ei suudetud leida 1 329 algsest istutatud taimet. Kõige kõrgema säilivusega oli 2015. aastal samuti proovitükk nr 1, mille säilivusprotsent oli 81,7% ning kõige madalama säilivusega oli proovitükk 14, mille säilivusprotsent oli vaid 29%. Kasetaimede leidmine paksu rohukihi alt oli keeruline ning paljud taimed olid lamandunud. Surnud või leidmata kasetaimi oli 2015. aastal 2 041.

Andmetöötluse käigus arvutati välja säilivusprotsendid algtihedusgrupiti. Kolme aasta andmete põhjal on loodud joonis 9.



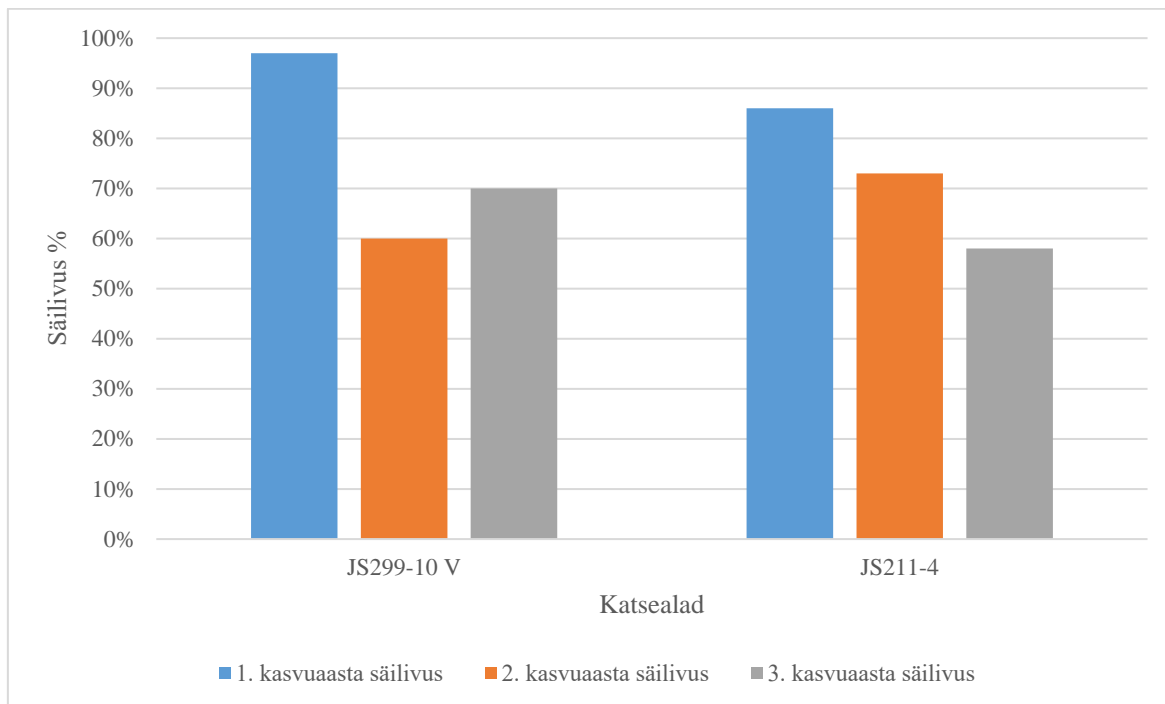
Joonis 9. Proovitükkide säilivusprotsendid kolmel järjestikusel mõõtmisaastal tihedusgrupiti. Veapiirid tähistavad standardviga. Varasemad mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Jooniselt 9 võib välja lugeda, et kõigil kolmel aastal on suurim säilivus proovitükkidel, mille algtihedus on 1 000 tk/ha ning kõige väiksem säilivus on 1. kasvuaastal proovitükkidel, millel on 2 500 tk/ha ja 2. ning 3. kasvuaastal proovitükkidel, millel on 8 000 tk/ha. Kõige kõrgema säilivusega ehk 1 000 tk/ha kohta proovitükkidel oli 1. kasvuaastal säilivus 92,5%, 2. kasvuaastal 82,6% ja 3. kasvuaastal 69%. Kõige madalama säilivusega ehk 8 000 tk/ha kohta proovitükkidel oli säilivus 1. kasvuaastal 85,7%, 2. kasvuaastal 69% ja 3. kasvuaastal 56%. Dispersioonanalüüsi tulemusena selgus, et tiheduse peamõju säilivusele polnud statistiliselt oluline ($p = 0,485$). Samas on jooniselt 9 näha, et kuigi esimesel mõõtmisaastal ei olnud 8 000 tk/ha kohta proovitükid kõige kehvema säilivusega, hakkas teisest kasvuaastast konkurents nende säilivust juba tugevamalt mõjutama ja tõenäoliselt on jätkunud suurim surevustrend nendel proovitükkidel ka peale 2015. aastat. Seega võib väita, et 8 000 tk/ha istutustihedus ei ole tõenäoliselt majanduslikult mõistlik, sest lisaks võrdlemisi väiksele säilivusprotsendi erinevusele (võrreldes teise kõige madalama säilivusprotsendiga tihedusgrupiga on 3. kasvuaastal erinevus vaid 2,5%) on taimesurevus tükiarvuliselt teiste proovitükkidega võrreldes suurem kõrgema istutatud taimede arvu tõttu hektaril.

4.3 Arukase kultuuride säilivuse ja kõrguskasvu võrdlus JS211-4 ja JS299-10 näitel

Töös kirjeldatud Järvelja õppe- ja katsemetskonna kvartali 211 eraldise 4 (JS211-4) kolme kasvuaasta katsekultuuri profiiliga sarnaseid katsealasid on vähe. Ühtlasi on nende seas vähe katsealasid, millel oleks teostatud mõõtmisi ka kolmandal kasvuaastal. Järvelja kvartali 299 eraldisele 10 on rajatud kaks katseala aastatel 2008 ja 2009, millest vanemal (JS299-10 V) on tehtud mõõtmisi kolmel aastal. Katseala asub arukase kultiveerimiseks sobilikul naadi kasvukohatüübil. Katsealale istutati 2007. aastal avamaa ja potitaimi. Aastatel 2008-2010 mõõdeti katsealal istutatud taimede kõrgust, diameetrit ja säilivust. Töös on kasutatud JS299-10 V avamaa taimede andmeid, sest JS211-4 katsealal on samuti uuritud

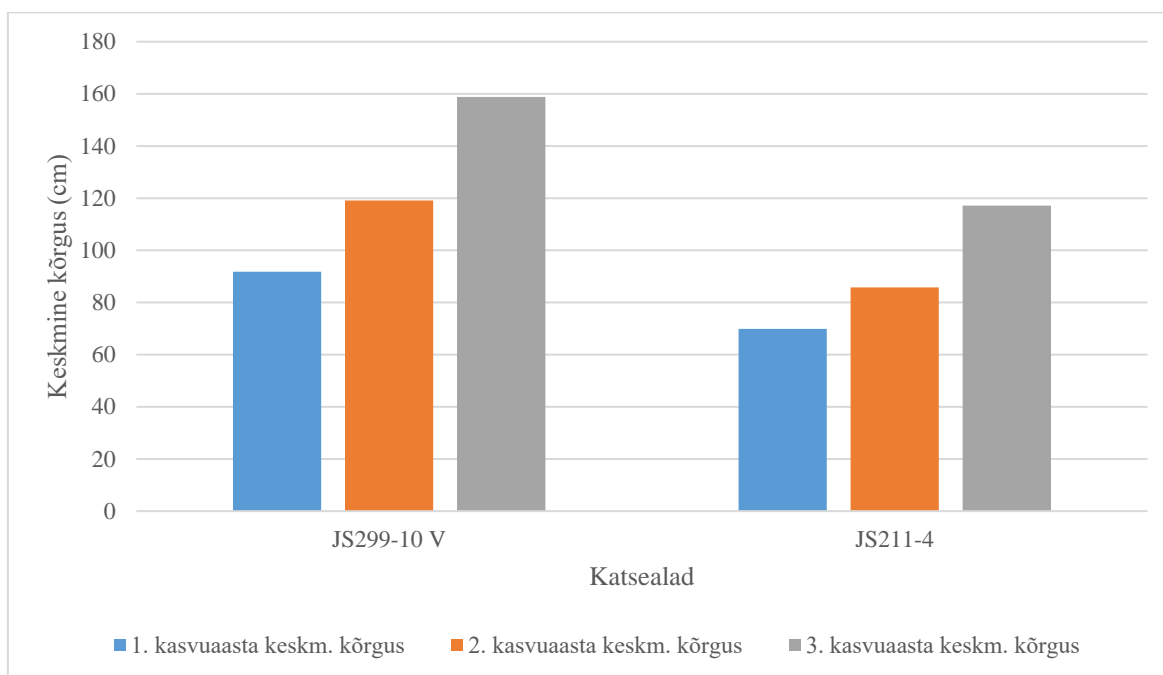
avamaataimi. Joonisel 10 on toodud esile katsealade JS299-10 V ja JS211-4 säilivuse protsentide võrdlus.



Joonis 10. JS299-10 V ja JS211-4 katsealade 1., 2. ja 3. kasvuaasta säilivuse (%) võrdlus. Varasemad JS211-4 katseala mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

JS211-4 kolmanda kasvuaasta säilivuse protsent on arvutatud kaalutud keskmisena. Jooniselt 10 on näha, et JS299-10 V katsealal on säilivusprotsendid esimesel kasvuaastal 97%, 2. kasvuaastal 60% ja 3. kasvuaastal 70%. JS211-4 katsealal on keskmised säilivusprotsendid 1. kasvuaastal 86%, 2. kasvuaastal 73% ja 3. kasvuaastal 58%. Jooniselt 10 tuleb välja, et teisel kasvuaastal on JS299-10 V katsealal mõõdetud madalam säilivusprotsent kui kolmandal kasvuaastal. See tekkis selle tõttu, et teisel kasvuaastal loeti suur osa näriliste poolt kahjustatud kasetaimi hukkunuks, kuid kolmandal kasvuaastal avastati, et paljud kahjustatud taimedest olid siiski ellu jäänud. Mõõtmistulemustest võib järeldada, et JS299-10 V säilivusprotsendid on paremad kui JS211-4 säilivusprotsendid.

Joonisel 11 on esile toodud JS299-10 V ja JS211-4 katsealade keskmiste kõrguskasvude võrdlus sentimeetrites.



Joonis 11. JS299-10 V ja JS211-4 katsealade 1., 2. ja 3. kasvuaasta keskmiste kõrguskasvude (cm) võrdlus. Varasemad JS211-4 katseala mõõtmised on teostatud 2013. aastal Kokk (2014) ja 2014. aastal Aun (2015) poolt.

Jooniselt 11 on näha, et JS299-10 V keskmised kõrguskasvud on kõigil kolmel kasvuaastal suuremad kui JS211-4 keskmised kõrguskasvud. Seda saab selgitada sellega, et JS299-10 V kasvukohatübiks on naadi, JS211-4 kasvukohatübiks on aga jänesekapsa – naadi on viljakam. Keskmiste kõrguskasvude võrdlusest on näha, et kolmanda kasvuaasta juurdekasvud on mõlemal katsealal sarnaselt suurema aastase kasvuga, kui esimese ja teise kasvuaasta juurdekasvud.

KOKKUVÕTE

Metsa uuendamine on oluline etapp metsa majandamises ja raieringis ning metsa teadlik kultiveerimine kasvukohale sobiva puuliigiga kiirendab uue metsa kasvamaminekut ja annab parema majandusliku tulemi. Metsa korrektse uuendamise tulemusena tekib sobiva puuliigiga suure tootlusega puistu, mis on suure väärtusega ka bioloogilise mitmekesisuse vaatevinklist. Arukask on enim kultiveeritav lehtpuuliik Eesti metsades ning ta majanduslik väärtus on aastakümnete vältel järjest tõusnud.

Käesoleva lõputöö eesmärk oli koguda JS 211-4 katsealale rajatud arukaskede kultuuride kolme järjestikuse kasvuaasta mõõtmistulemusi, analüüsida kõrguskasve ja säilivust ning uurida erineva istutustiheduse mõju kõrguskasvule ja säilivusele ning võrrelda konkreetse katseala tulemusi JS299-10 V katseala tulemustega.

Suurimad keskmised kõrgused mõõdeti kolmandal kasvuaastal proovitükkidel 1, 2, 7, 8 ja 14, mis asuvad kõik katseala otstes, kus oli pinnas kuivem ja esines väiksem rohu- ning võsakasv. Suurimad keskmised kõrgused proovitükkidel ühtisid varasemate aastate mõõtmistega. Proovitükil 1 oli teisel ja kolmandal kasvuaastal ka suurim säilivusprotsent kogu katsealal. Kuna kolmanda kasvuaasta suurimate keskmiste kõrgustega proovitükid kuulusid kolme erinevasse algtihedusgruppi, võib väita, et keskkonnaolud mõjutavad arukaskede proovitükke arvestataval määral. Kõige madalamate kõrgustega taimed on ulukikahjustusega või lihtsalt kiratsema jäänud taimed.

JS299-10 V katsealaga võrreldes on JS211-4 katseala kehvemate säilivusprotsentide ja keskmiste kõrgustega. See tuleneb suuresti viljakamast kasvukohatüübist JS299-10 V katsealal.

Kolmanda kasvuaasta mõõtmistööde tulemusena selgus, et algtihedusel oli mõju puude kõrguskasvule, kus puude kõrguskasv oli oluliselt madalam algtiheduse 8 000 tk/ha puhul võrreldes teiste töötlustega. Kõige väiksem säilivusprotsent esines kolmandal kasvuaastal 8 000 tk/ha proovitükkidel, mis küll statistiliselt ei erinenud teistest tihedusgruppidest.

Töö tulemusena saab väita, et väga kõrge algtihedus kasekultuuri rajamisel ei õigusta end nii kasvukiiruselt kui ka majanduslikult. Optimaalse algtiheduse väljaselgitamine eeldab siiski pikemaid vaatlusi. Algtiheduse mõju kultuuridele täpsemaks välja selgitamiseks peaks rajama veel sarnaseid katsealasid, kas mastaapsemas mahus või ühtlasemate kasvutingimustega aladele.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Aastaraamat Mets 2014. (2016). Tallinn: Keskkonnaagentuur. 225 lk.
- Aastaraamat Mets 2017. (2018). Tallinn: Keskkonnaagentuur. 292 lk.
- Akadeemilise Metsaseltsi toimetised XIV: Lehtpuupuistute kasvatamine Eestis. (2001). /Koost. H. Tullus, A. Vares. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, Metsanduslik Uurimisinstituut. 139 lk.
- Aun, Kristiina.** 2015. Arukase (*Betula pendula*) kultiveerimisest Järvelja õppe- ja katsemetskonna näitel. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 82 lk.
- Erametsakeskus. Puidu hinnainfo. [veebileht] <https://www.eramets.ee/uuringud-ja-statistika/hinnainfo/> (17.05.2019)
- Henno, O.** (1977). Arukaasikute laasumisest. - Eesti Põllumajanduse Akadeemia teaduslike tööde kogumik: Metsamajandusalased tööd – metsade tootlikkuse tõstmine ja metsafondi paremustamine Eesti NSV-s. (1977). /Toim. P. Kurvits. Tartu: Eesti Põllumajanduse Akadeemia. 41-47 lk.
- Hynynen, J., Niemistö, A., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S., Velling, P.** (2009). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. – Forestry: An International Journal of Forest Research, köide 83, number 1. (2010). Oxford: Institute of Chartered Foresters. 103-119 lk.
- Kokk, Andres.** 2014. Erinevate algtihedusega arukase katsekultuuri esmane inventeerimine Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 53 lk.
- Laas, E.** (1987). Dendroloogia. Tallinn: Valgus. 824 lk.
- Laas, E.** (2001). Metsauuendamine ja metsastamine. Tartu: Atlex. 93 lk.
- Lõhmus, E.** (2004). Eesti metsakasvukohatüübid – Teine, täiendatud trükk. Tartu: Eesti Loodusfoto. 80 lk.
- Metsa majandamise eeskiri. (vastu võetud 27.12.2006, viimati jõustunud 12.01.2007). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/115122017017> (20.05.2019)
- Metsamajanduse alused: õpik kõrgkoolidele (2011). /Koost. E. Laas, V. Uri, M. Valgepea. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 863 lk.
- Metsaregister. Maa-ameti kaardid. [veebileht] <https://register.metsad.ee> (2019)
- Metsaregister. Metsaressursi arvestuse riiklik register. Takseerikirjeldus – katastritunnus 91501:008:0107, kvartal JS211, eraldis 4. [veebileht] <https://register.metsad.ee> (04.04.2016)

Metsaseadus. (vastu võetud 07.06.2006, viimati jõustunud 01.01.2007). – *Riigi Teataja*
<https://www.riigiteataja.ee/akt/113032019061> (20.05.2019)

Roht, U. (2007). Lehtpuud I. Tartu: Atlex. 380 lk.

* **Rytter, L., Werner, M.** (1998). Lönsam lövskog – steg fög steg. SkogForsk, Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, tõlgitud: Sammhaaval äratasuva lehtpuumetsani. 1999. Tartu: Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus, Metsamet. 43 lk

Tullus, H. (2009). Lehtmetsade kasvatamine. Tartu: SA Erametsakeskus. 64 lk.

LISAD

Lisa 1. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 1

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	138		50	175
2	165		51	143
3	59		52	105
4	122		53	187
5	179		54	98
6	186		55	188
7	164		56	197
8	173		57	106
9	191		58	104
10	175		59	105
11	119		60	113
12	116		61	146
13	148		62	132
14	108		63	144
15	162		64	131
16	180		65	156
17	174		66	143
18	123		67	132
19	181		68	158
20	118		69	58
21	126		70	108
22	133		71	112
23	151		72	175
24	115		73	42
25	121		74	174
26	108		75	147
27	130		76	123
28	146		77	118
29	95		78	167
30	69		79	156
31	109		80	145
32	79		81	184
33	80		82	147
34	77		83	160
35	123		84	104
36	129		85	149
37	168		86	148
38	110		87	114
39	153		88	79
40	114		89	178
41	177		90	138
42	120		91	139
43	121		92	135
44	133		93	160
45	103		94	148
46	90		95	166
47	88		96	153
48	92		97	101
49	143		98	207

Lisa 2. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 2

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	237		50	128		99	203
2	127		51	99		100	80
3	210		52	125		101	186
4	134		53	107		102	172
5	163		54	90		103	112
6	115		55	156		104	156
7	131		56	94		105	148
8	125		57	152		106	205
9	120		58	147		107	149
10	97		59	155		108	97
11	125		60	123		109	84
12	147		61	156		110	108
13	113		62	129		111	141
14	122		63	121		112	117
15	165		64	143		113	139
16	156		65	119		114	154
17	175		66	106		115	120
18	119		67	125		116	110
19	168		68	161		117	139
20	200		69	227		118	120
21	187		70	229		119	132
22	144		71	209		120	89
23	140		72	163		121	82
24	105		73	125		122	161
25	85		74	78		123	157
26	161		75	72		124	191
27	178		76	147		125	100
28	122		77	77		126	141
29	137		78	105		127	138
30	170		79	92		128	45
31	119		80	111		129	112
32	116		81	251		130	156
33	84		82	159		131	118
34	181		83	186		132	122
35	176		84	176		133	85
36	121		85	62		134	188
37	133		86	140		135	64
38	131		87	104		136	87
39	199		88	150		137	188
40	97		89	164		138	161
41	105		90	131		139	189
42	189		91	138		140	195
43	208		92	187		141	131
44	189		93	171		142	106
45	187		94	207		143	166
46	146		95	110		144	168
47	196		96	60		145	149
48	126		97	161		146	127
49	126		98	166		147	95

Lisa 2 järg

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
148	89		197	151
149	114		198	158
150	123		199	131
151	141		200	138
152	107		201	156
153	112		202	115
154	95		203	132
155	87		204	121
156	104		205	86
157	176		206	123
158	143		207	82
159	154		208	60
160	163		209	154
161	213		210	147
162	134		211	70
163	135		212	146
164	125		213	66
165	100		214	149
166	87		215	148
167	225		216	133
168	101			
169	141			
170	60			
171	85			
172	114			
173	180			
174	213			
175	181			
176	120			
177	110			
178	145			
179	144			
180	142			
181	74			
182	101			
183	83			
184	140			
185	138			
186	87			
187	121			
188	121			
189	119			
190	151			
191	84			
192	92			
193	136			
194	126			
195	94			
196	96			

Lisa 3. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 3

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	96		50	136		99	107
2	144		51	63		100	80
3	144		52	72		101	89
4	194		53	118		102	103
5	82		54	110		103	63
6	119		55	102		104	71
7	141		56	78		105	106
8	61		57	82		106	69
9	84		58	100		107	50
10	38		59	114		108	56
11	69		60	136		109	69
12	126		61	106		110	144
13	169		62	73		111	153
14	136		63	91		112	99
15	65		64	38		113	43
16	81		65	94		114	80
17	137		66	114		115	77
18	73		67	63		116	150
19	91		68	90		117	99
20	107		69	74		118	60
21	87		70	120		119	104
22	108		71	98		120	101
23	105		72	96		121	116
24	147		73	94		122	55
25	73		74	97		123	70
26	77		75	143		124	69
27	102		76	73		125	112
28	71		77	120		126	56
29	90		78	90		127	110
30	101		79	127		128	90
31	105		80	144		129	109
32	59		81	55		130	129
33	66		82	97		131	118
34	118		83	48		132	119
35	131		84	92		133	85
36	84		85	165		134	107
37	78		86	75		135	107
38	69		87	91		136	119
39	126		88	181		137	190
40	83		89	133		138	144
41	111		90	108		139	171
42	179		91	111		140	50
43	155		92	131		141	77
44	147		93	80		142	33
45	121		94	52		143	81
46	101		95	94		144	112
47	111		96	134		145	87
48	59		97	126		146	94
49	123		98	151		147	55

Lisa 3 järg

Nr	H (cm)
147	55
148	90
149	65
150	66

Lisa 4. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 4

Nr	H (cm)
1	165
2	124
3	168
4	95
5	72
6	184
7	128
8	184
9	187
10	83
11	124
12	75
13	97
14	86
15	199
16	117
17	118
18	171
19	195
20	107
21	178
22	153
23	61
24	134
25	72
26	130
27	133
28	110
29	86
30	128
31	151
32	171
33	60
34	84
35	98
36	157
37	175
38	43
39	79
40	99
41	105

Lisa 5. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 5

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	188		50	118		99	78
2	158		51	140		100	100
3	199		52	60		101	199
4	94		53	193		102	105
5	58		54	73		103	89
6	188		55	98		104	95
7	138		56	62		105	120
8	49		57	112		106	158
9	84		58	157		107	168
10	157		59	182		108	168
11	69		60	74		109	209
12	100		61	62		110	181
13	110		62	91		111	62
14	88		63	123		112	89
15	97		64	109		113	100
16	167		65	78		114	160
17	118		66	138		115	123
18	124		67	159		116	141
19	140		68	120		117	72
20	113		69	146		118	119
21	160		70	133		119	41
22	114		71	127		120	89
23	83		72	134		121	80
24	86		73	142		122	125
25	143		74	154		123	101
26	128		75	136		124	180
27	149		76	129		125	151
28	113		77	132		126	64
29	72		78	182		127	68
30	123		79	154		128	100
31	91		80	55		129	141
32	122		81	91		130	61
33	112		82	85		131	109
34	140		83	111		132	131
35	77		84	101		133	87
36	74		85	176		134	82
37	109		86	125		135	73
38	70		87	114		136	91
39	65		88	165		137	136
40	130		89	158		138	179
41	117		90	111		139	76
42	126		91	102		140	86
43	108		92	109		141	67
44	70		93	141		142	112
45	57		94	131		143	124
46	138		95	158		144	143
47	128		96	169		145	94
48	85		97	180		146	121
49	104		98	105		147	67

Lisa 5 järg

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
148	102		197	90
149	131		198	64
150	141		199	178
151	88		200	100
152	105		201	86
153	146		202	124
154	159		203	241
155	121		204	58
156	62		205	75
157	101		206	93
158	161		207	91
159	113		208	153
160	72		209	202
161	88		210	148
162	161			
163	66			
164	122			
165	60			
166	142			
167	118			
168	71			
169	76			
170	166			
171	97			
172	103			
173	124			
174	140			
175	111			
176	175			
177	142			
178	103			
179	124			
180	81			
181	98			
182	103			
183	72			
184	120			
185	68			
186	85			
187	71			
188	152			
189	64			
190	78			
191	162			
192	143			
193	200			
194	78			
195	100			
196	105			

Lisa 6. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 6

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	91		50	139		99	90
2	120		51	45		100	102
3	123		52	88		101	119
4	136		53	137		102	115
5	127		54	62		103	123
6	77		55	67		104	54
7	84		56	149		105	125
8	188		57	141		106	155
9	50		58	99		107	44
10	96		59	125		108	85
11	96		60	127		109	114
12	132		61	44		110	145
13	69		62	70		111	147
14	161		63	92		112	48
15	140		64	123		113	43
16	127		65	121		114	148
17	100		66	43		115	86
18	148		67	96		116	81
19	142		68	136		117	141
20	65		69	74		118	110
21	75		70	148		119	60
22	199		71	114		120	181
23	56		72	86		121	80
24	117		73	108		122	137
25	47		74	130		123	99
26	254		75	124		124	90
27	97		76	136		125	147
28	89		77	47		126	128
29	49		78	145		127	41
30	87		79	42		128	92
31	131		80	148		129	102
32	145		81	53		130	87
33	171		82	114		131	113
34	50		83	121		132	168
35	69		84	110		133	121
36	121		85	150		134	96
37	106		86	148		135	93
38	81		87	143		136	63
39	147		88	97		137	94
40	127		89	144		138	181
41	96		90	144		139	101
42	76		91	99		140	161
43	142		92	66		141	90
44	142		93	127		142	134
45	81		94	121		143	65
46	144		95	73		144	103
47	65		96	74		145	59
48	52		97	80		146	199
49	109		98	55		147	43

Lisa 6 järg

Nr	H (cm)
148	139
149	92
150	111

Lisa 7. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 7

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	173		50	173
2	84		51	77
3	85		52	122
4	188		53	161
5	150		54	86
6	70		55	160
7	84		56	120
8	88		57	180
9	90		58	126
10	136			
11	166			
12	143			
13	86			
14	126			
15	153			
16	159			
17	138			
18	160			
19	152			
20	88			
21	163			
22	79			
23	113			
24	92			
25	100			
26	80			
27	130			
28	80			
29	87			
30	88			
31	123			
32	93			
33	129			
34	119			
35	83			
36	61			
37	96			
38	106			
39	182			
40	86			
41	189			
42	110			
43	120			
44	197			
45	195			
46	210			
47	151			
48	209			
49	179			

Lisa 8. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 8

Nr	H (cm)
1	168
2	148
3	165
4	166
5	225
6	69
7	98
8	106
9	123
10	95
11	132
12	105
13	123
14	167
15	121
16	62
17	84
18	145
19	112
20	122
21	143
22	113
23	175
24	156
25	137
26	156
27	91
28	79
29	113
30	131

Lisa 9. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 9

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	119		50	115
2	141		51	118
3	157		52	124
4	135		53	122
5	118		54	155
6	120		55	133
7	125		56	104
8	122		57	113
9	98		58	110
10	132		59	121
11	151		60	148
12	94		61	120
13	112		62	100
14	67		63	114
15	102		64	111
16	127		65	71
17	69		66	142
18	123		67	90
19	113		68	90
20	110		69	101
21	130		70	153
22	215		71	118
23	144		72	106
24	128		73	86
25	149		74	150
26	114		75	134
27	102		76	97
28	121		77	128
29	98		78	99
30	119		79	67
31	102		80	182
32	80		81	93
33	92		82	98
34	100			
35	70			
36	118			
37	106			
38	54			
39	124			
40	126			
41	86			
42	115			
43	146			
44	123			
45	149			
46	101			
47	87			
48	122			
49	160			

Lisa 10. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 10

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	92		50	101		99	112
2	147		51	74		100	63
3	56		52	104		101	50
4	142		53	102		102	97
5	68		54	71		103	79
6	70		55	81		104	97
7	123		56	82		105	155
8	88		57	63		106	74
9	81		58	104		107	84
10	141		59	179		108	122
11	131		60	122		109	47
12	156		61	118		110	107
13	130		62	120		111	122
14	170		63	104		112	112
15	133		64	55		113	78
16	90		65	127		114	104
17	78		66	71		115	120
18	73		67	72		116	63
19	90		68	152		117	96
20	72		69	152		118	81
21	101		70	144		119	96
22	144		71	126		120	115
23	180		72	47		121	96
24	125		73	99		122	96
25	210		74	128		123	259
26	161		75	153		124	108
27	91		76	146		125	118
28	66		77	150		126	63
29	137		78	39		127	68
30	56		79	201		128	108
31	87		80	137		129	98
32	59		81	70		130	162
33	88		82	130		131	149
34	33		83	102		132	205
35	157		84	98		133	135
36	72		85	139		134	87
37	57		86	101		135	146
38	111		87	93		136	102
39	90		88	99		137	90
40	71		89	147		138	126
41	114		90	230		139	142
42	176		91	91		140	148
43	87		92	52		141	157
44	82		93	95		142	103
45	116		94	142		143	65
46	88		95	90		144	72
47	71		96	144		145	119
48	107		97	50		146	50
49	150		98	110		147	128

Lisa 10 järg

Nr	H (cm)
148	119
149	127
150	124
151	177
152	140
153	65
154	81
155	129
156	149
157	85
158	52
159	68
160	88
161	155
162	71
163	65
164	129
165	130
166	127
167	157
168	124
169	77
170	143
171	60
172	163
173	64

Lisa 11. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 11

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	145		50	42		99	83
2	44		51	63		100	42
3	154		52	114		101	106
4	151		53	113		102	140
5	98		54	151		103	72
6	133		55	74		104	63
7	188		56	111		105	85
8	59		57	115		106	40
9	102		58	82		107	75
10	241		59	83		108	55
11	149		60	98		109	111
12	88		61	84		110	49
13	130		62	120		111	64
14	144		63	88		112	66
15	62		64	73		113	92
16	41		65	52		114	113
17	59		66	73		115	122
18	222		67	151		116	150
19	51		68	57		117	145
20	90		69	42		118	127
21	47		70	102		119	103
22	50		71	129		120	61
23	103		72	40		121	140
24	74		73	118		122	106
25	87		74	81		123	114
26	128		75	156		124	81
27	44		76	72		125	44
28	64		77	93		126	94
29	199		78	62		127	82
30	73		79	97		128	103
31	118		80	59		129	149
32	89		81	89		130	115
33	148		82	113		131	112
34	137		83	141		132	85
35	99		84	117		133	160
36	99		85	80		134	122
37	132		86	51		135	148
38	159		87	74		136	48
39	61		88	141		137	56
40	108		89	89		138	155
41	36		90	70		139	78
42	123		91	64		140	99
43	72		92	72		141	115
44	97		93	64		142	153
45	52		94	131		143	113
46	92		95	133		144	42
47	62		96	149		145	122
48	81		97	104		146	105
49	124		98	80		147	129

Lisa 11 järg

Nr	H (cm)
148	140
149	57
150	135

Lisa 12. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 12

Nr	H (cm)
1	118
2	110
3	160
4	104
5	67
6	134
7	204
8	128
9	142
10	158
11	161
12	213
13	103
14	90
15	86
16	106
17	176
18	68
19	128
20	119
21	119
22	131
23	104
24	82
25	85
26	75
27	120
28	217
29	116
30	103
31	78
32	151

Lisa 13. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 13

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	74		50	183
2	106		51	87
3	105		52	207
4	130		53	103
5	137		54	174
6	89		55	159
7	178		56	230
8	85		57	85
9	129		58	88
10	46		59	145
11	95		60	180
12	52		61	128
13	92		62	70
14	86		63	64
15	70		64	225
16	168		65	146
17	142		66	110
18	58		67	64
19	48		68	109
20	59		69	147
21	214		70	120
22	86		71	191
23	183		72	72
24	146		73	115
25	160		74	173
26	116		75	159
27	118		76	68
28	152		77	73
29	87		78	141
30	68		79	123
31	106		80	156
32	232		81	119
33	102		82	124
34	103		83	167
35	194		84	208
36	111		85	98
37	187		86	69
38	194		87	89
39	187		88	54
40	90		89	74
41	203		90	118
42	123		91	94
43	85		92	193
44	167		93	146
45	110		94	94
46	62		95	57
47	123		96	164
48	174		97	90
49	143			

Lisa 14. Mõõdetud arukase kõrgused proovitükil 14

Nr	H (cm)		Nr	H (cm)
1	95		50	199
2	135		51	167
3	81		52	54
4	119		53	142
5	87		54	108
6	140		55	166
7	71		56	137
8	191		57	148
9	156		58	110
10	221		59	191
11	62		60	80
12	104		61	217
13	124		62	97
14	91		63	162
15	162		64	123
16	151		65	168
17	172		66	64
18	64		67	104
19	151		68	165
20	114		69	177
21	141		70	137
22	112		71	99
23	78		72	198
24	59		73	123
25	143		74	127
26	84		75	67
27	106		76	82
28	117		77	83
29	120		78	199
30	142		79	175
31	92		80	162
32	72		81	125
33	170		82	194
34	149		83	184
35	205		84	115
36	185		85	148
37	94		86	93
38	191		87	86
39	155			
40	95			
41	173			
42	84			
43	126			
44	132			
45	78			
46	121			
47	88			
48	64			
49	186			

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, MIHKEL TARVE (sünd 09.07.1994),

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö,

ARUKASE KASVUANALÜÜS JÄRVSELJA ÕPPE- JA KATSEMETSKONNA
KULTUURIDE NÄITEL,

mille juhendajad on ANDRES JÄÄRATS ja REIMO LUTTER,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil
1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu 2019

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)